

MASZYNY GÓRNICZE

3/2015



KWARTALNIK NAUKOWO-TECHNICZNY



MASZYNY GÓRNICZE

3(143)2015

Kwartalnik naukowo-techniczny
ROK XXXIII, wrzesień 2015

Zespół Redakcyjny:

Redaktor Naczelny:

dr inż. Antoni Koziel

Z-ca Redaktora Naczelnego:

dr inż. Edward Pieczora

Sekretarz Redakcji:

mgr inż. Romana Zajęc

Redaktor statystyczny:

dr inż. Jarosław Tokarczyk

Redaktor językowy:

mgr Anna Okulińska

Redaktorzy tematyczni:

prof. dr hab. inż. Marek Jaszczyk

prof. dr hab. inż. Adam Klich

prof. dr hab. inż. Zdzisław Kłeczek

prof. dr hab. inż. Aleksander Lutyński

prof. dr inż. Włodzimierz Sikora

dr hab. inż. Stanisław Szweda,

prof. nadzw. w Pol. Śl.

prof. dr hab. inż. Teodor Winkler

Wydawca:

Instytut Techniki Górniczej KOMAG

ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

tel. 32 2374 528

fax 32 2374 304

<http://www.komag.eu>

Redakcja nie zwraca nadsyłanych
artykułów i nie odpowiada za treść
ogłoszeń i reklam.

Wersję papierową wydawanego
kwartalnika należy traktować jako
wersję pierwotną.

Skład i druk:

MW KOMDRUK

ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

tel.: 32 2374 563

Nakład 300 egz.

PL ISSN 0209-3693

Szanowni Państwo

Niniejsze wydanie kwartalnika Maszyny Górnicze poświęcone jest w całości działalności Instytutu Techniki Górniczej KOMAG, który w bieżącym roku obchodzi jubileusz 65-lecia istnienia. Jest to okazja do przypomnienia drogi jego rozwoju, od pierwszych lat działalności, aż do osiągnięcia dzisiejszej pozycji.

Założkiem obecnego Instytutu było Centralne Biuro Konstrukcji Maszyn Górniczych powołane do życia 5 maja 1950 roku na mocy Zarządzenia Ministra Górnictwa. Był to początek tworzenia form organizacyjnych i technicznych polskiego zaplecza konstrukcyjnego i badawczego z zakresu, mechanizacji procesów wydobywczych węgla kamiennego oraz tworzenia przemysłu maszyn górniczych.

W kolejnym roku przemianowano Centralne Biuro Konstrukcji Maszyn Górniczych w Biuro Konstrukcji Maszyn Górniczych, które zlokalizowano ostatecznie w Gliwicach.

W 1957 r. połączono Biuro Konstrukcji Maszyn Górniczych z Instytutem Mechanizacji Górnictwa, a następnie przekształcono w Instytut Doświadczalno-Konstrukcyjny Przemysłu Węglowego, który w 1958 roku przyjął nazwę - Zakłady Konstrukcyjno-Mechanizacyjne Przemysłu Węglowego (ZKMPW). Połączenie placówki naukowo-badawczej, jaką był Instytut Mechanizacji Górnictwa z Centralnym Biurem Konstrukcji Maszyn Górniczych stworzyło warunki umożliwiające kompleksowe rozwiązywanie problemów mechanizacji, elektryfikacji i automatyzacji, jak również wdrażanie nowej techniki i ekonomicznej analizy przedsięwzięć.

W 1975 roku z ZKMPW wydzielono i utworzono Centralny Ośrodek Projektowo-Konstrukcyjny Maszyn Górniczych KOMAG, o statusie ośrodka badawczo-rozwojowego. Od tego momentu KOMAG podlegał licznym reorganizacjom; w 1990 r. powstało Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG jednostka badawczo-rozwojowa, a w 2009 roku Centrum przekształciło się w Instytut Techniki Górniczej KOMAG. W początkowym okresie działalności koncentrowano się głównie na opracowywaniu dokumentacji technicznej pierwszych, polskich maszyn i urządzeń do urabiania i odstawy urobku, maszyn wyciągowych, transportowych i do przeróbki mechanicznej węgla. Uruchomiono produkcję i wdrożono w kopalniach wiele oryginalnych maszyn do wierceń, odwadniania, wentylacji, elementów obudowy, przesiewaczy, osadzarek i innych urządzeń.

W celu ściślejszego powiązania procesu konstrukcji maszyn górniczych z ich produkcją, w latach 80-tych ubiegłego wieku KOMAG podporządkowano organizacyjnie Zjednoczeniu Przemysłu Maszyn Górniczych POLMAG, zrzeszającemu wszystkich producentów maszyn i urządzeń górniczych.

Jeszcze ściślejszą współpracę z wydzieloną grupą producentów maszyn górniczych zapewnił sobie KOMAG organizując i lokalizując na ich terenach swoje biura konstrukcyjne. Powstały one przy Fabryce Maszyn Górniczych FAMUR w Katowicach-Piotrowicach, produkującej kombajny ścianowe przy Fabryce Obudów Ścianowych FAZOS i Tarnogórskiej Fabryce Obudów, producentach sekcji obudowy zmechanizowanej oraz przy Fabryce Maszyn w Rybniku, produkującej przede wszystkim przenośniki zgrzeblowe.

Działalność KOMAG-u na arenie krajowej i międzynarodowej, aktywność zawodowa pracowników i odpowiednia polityka kadry zarządzającej pozwoliły, bez drastycznych konsekwencji, przetrwać trudny okres transformacji ustrojowej w latach 90-tych ubiegłego wieku.

Dzisiejszy Instytut Techniki Górniczej KOMAG jest wiodącym, kompetentnym, opiniotwórczym instytutem badawczym, wpływającym na kształtowanie rozwoju branży maszyn i urządzeń dla górnictwa. Specjalizuje się w tworzeniu systemów mechanicznych i mechatronicznych, w tym maszyn i urządzeń dla podziemnej eksploatacji złóż oraz przeróbki mechanicznej surowców mineralnych, systemów zasilania, sterowania, diagnostyki i monitoringu oraz urządzeń ochrony środowiska. Prace naukowo-badawcze obejmują cały cykl życia produktu, począwszy od opracowania koncepcji, poprzez tworzenie projektów i dokumentacji maszyn i urządzeń, badania, udział we wdrożeniach oraz zbieranie doświadczeń z eksploatacji i serwisu, aż po utylizację.

Szczególne uwagi w działalności KOMAG-u zwraca się na opracowywanie technik i technologii zwiększających trwałość, niezawodność, obniżenie energochłonności maszyn i urządzeń. Kryteriami projektowania są: bezpieczeństwo pracy, ergonomia i ograniczenie oddziaływania na środowisko.

Badania prowadzone w akredytowanych laboratoriach, bez których trudno wyobrazić sobie tworzenie innowacyjnych rozwiązań, służą ocenie bezpieczeństwa użytkowania wyrobów.

Wszystkie wyniki badań i prac rozwojowych są wdrażane w różnych formach.

Baza informatyczna Instytutu zapewnia bardzo dobre warunki pracy wszystkim pracownikom naukowym i inżyniersko-technicznym oraz umożliwia bezpośredni kontakt z klientami i partnerami zewnętrznymi współpracującymi z Instytutem. Przekazywanie informacji naukowej i technicznej, szkolenia, ekspertyzy, konsultacje, prace normalizacyjne oraz procesy certyfikacyjne, jak również inne działania KOMAG-u, realizowane są na najwyższym poziomie, o czym świadczą wyniki badań zadowolenia klienta oraz liczne nagrody.

W KOMAG-u pracuje młoda kadra, mająca możliwości rozwoju w długiej perspektywie czasowej. Rozwój naukowy pracowników Instytutu prowadzony od kilkunastu lat zaowocował utworzeniem kadry ok. 40 adiunktów i kilku profesorów. Trzeba przy tym podkreślić, że tematyka prac naukowych jest ściśle związana z tematyką prac badawczych KOMAG-u i często z potrzebami przedsiębiorców. Bez fałszywej skromności można stwierdzić, że po 65-latach działalności KOMAG może pochwalić się wieloma osiągnięciami, z których część, z okresu ostatnich lat, prezentujemy w niniejszym wydaniu kwartalnika. Instytut KOMAG ma dalsze, ambitne plany rozwoju, spełniające potrzeby przedsiębiorców i służące rozwojowi polskiej gospodarki.

Życząc Państwu przyjemnej lektury zapraszamy do współpracy z Instytutem Techniki Górniczej KOMAG.

Redaktor Naczelny
dr inż. Antoni Koziel

Spis treści	Contents
PROJEKTOWANIE I BADANIA	DESIGNING AND TESTING
Grynkiewicz-Bylina B., Koziel A., Madejczyk W., Orzech Ł.: Rozszerzenie zakresu badań w Akredytowanych Laboratoriach ITG KOMAG zgodnie z potrzebami rynku 5	Grynkiewicz-Bylina B., Koziel A., Madejczyk W., Orzech Ł.: Extension of scope of tests in KOMAG's accredited laboratories according to the market needs 5
Winkler T., Drwięga A.: Nowe rozwiązania inteligentnych maszyn dla górnictwa 15	Winkler T., Drwięga A.: New solutions of intelligent machines for the mining industry 15
ZMECHANIZOWANE KOMPLEKSY	MECHANIZED SYSTEMS
Winkler T., Pieczora E., Marcińczyk M., Kozłowski J.: Innowacyjne rozwiązanie kombajnu KSW-800NE efektem współpracy KOMAG-u i KOPEX-u 22	Winkler T., Pieczora E., Marcińczyk M., Kozłowski J.: Innovative solution of KSW-800NE longwall shearer as the effect of collaboration between KOMAG and KOPEX..... 22
OBUDOWY ŚCIANOWE	LONGWALL ROOF SUPPORTS
Szyguła M., Mazurek K., Kozłowski B.: Innowacyjna hydrauliczna obudowa dla ratownictwa górnictwa 29	Szyguła M., Mazurek K., Kozłowski B.: Innovative hydraulic support for mine rescue actions 29
TRANSPORT I Odstawa	TRANSPORT AND CONVEYING SYSTEM
Drwięga A., Polnik B., Kalita M.: Innowacyjne urządzenia transportowe z elektrycznym napędem akumulatorowym 36	Drwięga A., Polnik B., Kalita M.: Innovative transportation machines with electric battery drive..... 36
Tokarczyk J., Dudek M., Szewerda K., Turewicz A.: Metody i narzędzia wspomagające projektowanie bezpiecznych środków technicznych do transportu materiałów i przewozu osób w kopalniach węgla kamiennego 45	Tokarczyk J., Dudek M., Szewerda K., Turewicz A.: Methods and tools aiding the development of safe technical means for transportation of materials and people 45
SZYBY I MASZyny Wyciągowe	SHAFTS AND HOISTING MACHINES
Ryndak P., Kowal L.: Efekty współpracy ITG KOMAG z firmą MWM Elektro Sp. z o. o. 53	Ryndak P., Kowal L.: Results of collaboration between KOMAG and MWM Elektro Sp. z o. o. 53
PRZERÓBKA MECHANICZNA	MECHANICAL MINERAL PROCESSING
Matusiak P., Kowol D., Tyrakowski M., Kaczmarek M.: Współpraca KOMAG-u i FUGOR-u w zakresie opracowywania i wdrażania innowacyjnych maszyn do przeróbki surowców mineralnych 62	Matusiak P., Kowol D., Tyrakowski M., Kaczmarek M.: Collaboration between KOMAG and FUGOR in development and implementation of innovative machines for minerals processing..... 62
WENTYLACJA I KLIMATYZACJA, ZWALCZANIE ZAGROŻEŃ ŚRODOWISKOWYCH	VENTILATION AND AIR CONDITIONING, CONTROL OF ENVIRONMENTAL HAZARDS
Bałaga D., Jedziniak M., Kalita M., Siegmund M., Szkudlarek Z.: Metody i środki zwalczania zagrożeń pyłowych i metanowych w górnictwie węglowym 68	Bałaga D., Jedziniak M., Kalita M., Siegmund M., Szkudlarek Z.: Methods and measures for control of dust and methane hazards in the coal mining industry..... 68
Pierchała M., Herda A.: Przemysłowe zastosowanie metody natężeniowej w badaniach przebiegających na stanowiskach pracy w zakładach górniczych 82	Pierchała M., Herda A.: Industrial application of sound intensity method in tests carried out at workplaces in mining plants 82

KOMPUTEROWE SYSTEMY STEROWANIA, MONITORINGU I DIAGNOSTYKI		COMPUTER SYSTEMS FOR CONTROL, MONITORING AND DIAGNOSTICS	
Kostka M., Krzak Ł., Gawliński A., Jasiulek D., Latos M., Rogala-Rojek J., Stankiewicz K., Bartoszek S., Jendrysik S., Jura J.: Systemy monitoringu, diagnostyki i sterowania maszyn górnictwch 88	88	Kostka M., Krzak Ł., Gawliński A., Jasiulek D., Latos M., Rogala-Rojek J., Stankiewicz K., Bartoszek S., Jendrysik S., Jura J.: Systems for monitoring, diagnostics and control of mining machines 88	88
BEZPIECZEŃSTWO I ERGONOMIA		SAFETY AND ERGONOMICS	
Michalak D., Jaszczyk Ł., Rozmus M., Wołczyk W., Lesisz R.: Metody kształtowania bezpieczeństwa pracy z użyciem technologii informatycznych ... 97	97	Michalak D., Jaszczyk Ł., Rozmus M., Wołczyk W., Lesisz R.: Methods for shaping the work safety with use of information technologies 97	97
JAKOŚĆ, CERTYFIKACJA, NORMALIZACJA, ZARZĄDZANIE		QUALITY, CERTIFICATION, STANDARDIZATION, MANAGEMENT	
Figiel A.: Certyfikacja oraz wydawanie opinii w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG 105	105	Figiel A.: Certification and opinions about the products to be approved for using in mining plants given by the KOMAG Institute of Mining Technology..... 105	105
KLASTRY, INNOWACJE I FUNDUSZE UNIJNE		CLUSTERS, INNOVATIONS, US FUNDS	
Hordyniak E.: KOMAG w Europejskiej Przestrzeni Badawczej 109	109	Hordyniak E.: KOMAG in the European Research Area..... 109	109
TRANSFER WIEDZY		TRANSFER OF KNOWLEDGE	
Pieczora E., Zając R., Okulińska A., Stańczak L.: Działalność ITG KOMAG w rozpowszechnianiu wiedzy 113	113	Pieczora E., Zając R., Okulińska A., Stańczak L.: ... KOMAG activity in dissemination of knowledge 113	113
Informacje dla autorów 120	120	Information for authors 120	120

dr hab. inż. Beata GRYNKIEWICZ-BYLINA, prof. nadzw. ITG KOMAG
dr inż. Antoni KOZIEŁ
dr inż. Włodzimierz MADEJCZYK
dr inż. Łukasz ORZECH
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Rozszerzenie zakresu badań w Akredytowanych Laboratoriach ITG KOMAG zgodnie z potrzebami rynku

Streszczenie

W artykule przedstawiono działania Instytutu Techniki Górniczej KOMAG zmierzające do ciągłego doskonalenia i rozwoju infrastruktury badawczej oraz poszerzania możliwości prowadzenia badań naukowych i usług badawczych w wiodących obszarach jego aktywności. Zaprezentowano najważniejsze prace badawcze trzech akredytowanych laboratoriów Instytutu: Laboratorium Badań, Laboratorium Badań Stosowanych oraz Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska, z zakresu oceny bezpieczeństwa użytkowania wyrobów i ich oddziaływania na środowisko. Spełniają one wymagania Dyrektyw oraz potrzeby klientów rynku przemysłowego i konsumenckiego.

Słowa kluczowe: zaplecze badawcze, badania akredytowane, metodyki badań, ocena zgodności

Keywords: testing infrastructure, accredited tests, testing methodologies, assessment of conformity

Summary

Actions of the KOMAG Institute of Mining Technology aiming at continuous improvement and development of testing infrastructure and extension of possibilities of carrying out the research work and research testing services in its leading fields of activity are presented. The most important research activity of three KOMAG's accredited laboratories, i.e. Laboratory of Tests, Laboratory of Applied Tests and Laboratory of Material Engineering and Environment, in assessment of safety of products' use and products' impact on the environment is described. This activity meets the requirements of European Directives and customers' needs.

1. Wprowadzenie

Instytut Techniki Górniczej KOMAG powołany decyzją Ministra Gospodarki z dnia 1 stycznia 2009 roku, kontynuuje działalność rozpoczętą w 1951 roku przez ówczesne Centralne Biuro Konstrukcji Maszyn Górniczych. Baza infrastrukturalna KOMAG-u, budowana w miarę możliwości stwarzanych na przestrzeni 65 lat zawsze była dostosowywana do potrzeb rozwoju polskich maszyn górniczych. Szczególnie istotnym etapem rozbudowy infrastruktury badawczej KOMAG-u było zbudowanie w latach 80. i 90. tych ubiegłego wieku unikatowych w skali światowej stanowisk do badań sekcji obudowy zmechanizowanej oraz stojaków, elementów maszyn, urządzeń górniczych i zaworów hydraulicznych. Są one zlokalizowane w Laboratorium Badań, które w 1995 r. uzyskało akredytację PCA-AB-039.

Kolejne dwa laboratoria Instytutu uzyskały akredytację w latach 2005 – 2008. Laboratorium Badań Stosowanych, powstałe w 2001 roku uzyskało akredytację PCA-AB-665 w 2005 r., co poszerzyło możliwości prowadzenia prac badawczych związanych z procesem certyfikacji wyrobów w zakresie Dyrektyw: maszynowej, niskonapięciowej i ATEX.

Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska powstałe w 2006 roku uzyskało akredytację PCA w 2008 roku (AB-910). Korzystając, zarówno ze środków MNiSzW, jak również ze środków własnych zaprojektowano od podstaw infrastrukturę badawczą, wykonano niezbędne prace i zbudowano stanowiska badawcze. Po uzyskaniu akredytacji PCA rozpoczęto badania w nowym, nie związanym z dotychczasowym zakresem działania Instytutu, obszarze badań bezpieczeństwa użytkowania wyrobów przeznaczonych dla dzieci.

Rozwój zaplecza badawczego Instytutu kontynuowano również w okresie ostatnich pięciu lat.

Powstanie nowych laboratoriów i doskonalenie istniejących stanowisk badawczych spowodowało konieczność unowocześnienia infrastruktury. W 2010 roku, w ramach inwestycji budowlanej, dotowanej przez MNiSzW dokonano modernizacji instalacji elektroenergetycznej w halach badawczych Laboratorium Badań oraz Laboratorium Badań Stosowanych, umożliwiającej bezpieczne i niezawodne prowadzenie badań maszyn i urządzeń zasilanych napięciem do 3,3 kV. W ramach kolejnej inwestycji budowlanej realizowanej w latach 2011 i 2012, również z dotacji

MNiSzW oraz ze środków własnych, dokonano adaptacji budynku Instytutu (aula) na cele Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska oraz promocji prac badawczych (szkolenia, seminaria).

Równolegle z inwestycjami budowlanymi realizowano inwestycje aparaturowe, w efekcie których laboratoria badawcze Instytutu są obecnie wyposażone w aparaturę badawczą i stanowiska odpowiadające najwyższym standardom. Dotacja MNiSzW umożliwiła w 2012 r. wyposażenie Laboratorium Badań Stosowanych w aparaturę do badań zjawisk wyładowań elektrostatycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Kolejna inwestycja aparaturowa zrealizowana w 2013 r., pozwoliła na zakup dla Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska spektrometru masowego z plazmą wzbudzoną indukcyjnie, sprzężonego z wysokosprawnym chromatografem cieczowym oraz chromatografu gazowego z dwukanałowym detektorem masy. Korzystając z kolei ze środków Regionalnego Programu Operacyjnego województwa śląskiego na lata 2007 – 2013 oraz środków własnych ITG KOMAG w latach 2012 – 2013, dokonano modernizacji i rozbudowy stanowisk badawczych w Laboratorium Badań.

We wszystkich laboratoriach ITG KOMAG wdrożono platformę informatyczną e-laboratoria obejmującą zarządzanie jakością.

Konsekwentnie prowadzona polityka inwestycyjna umożliwiła, zgodnie z celami sformułowanymi w strategii rozwoju KOMAG-u, stworzenie infrastruktury i bazy badawczej w nowoczesnych, spełniających światowe standardy, akredytowanych laboratoriach badawczych.

2. Rozbudowa i modernizacja bazy badawczej Laboratorium Badań

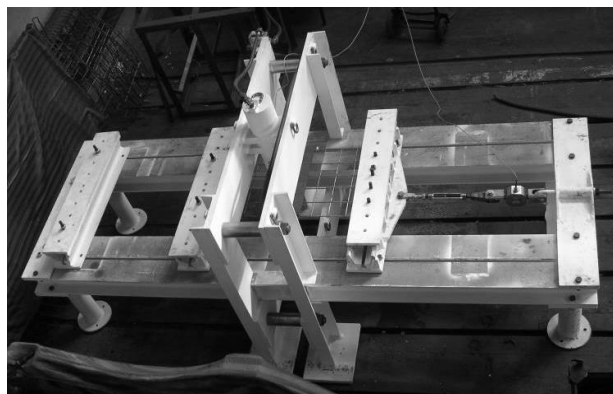
W okresie ostatnich pięciu lat w Laboratorium Badań podjęto szereg działań w zakresie rozbudowy i modernizacji infrastruktury badawczej oraz rozszerzenia zakresu prowadzonych badań.

Intensywna eksploatacja istniejących od lat 80-tych ubiegłego wieku stanowisk badawczych wymusiła konieczność ich częściowej modernizacji.

Wymagania dyrektywy maszynowej, jak również potrzeba spełnienia oczekiwań partnerów przemysłowych wymusiła dodatkowo potrzebę budowy nowych, specjalistycznych stanowisk badawczych, wyposażonych w układy sterowania, jak również wdrożenia systemu nadzoru nad dokumentacją zarządzania jakością.

W tym analizowanym okresie zbudowano specjalistyczne stanowisko do badań siatek okładzinowych, (rys. 1) o szerokości do 1000 mm (obecnie, wg normy PN-G-15050:1996 maksymalna szerokość siatki nie może być większa niż 500 mm)

i długości 2500 mm (obecnie stosowane długości siatek nie przekraczają 1500 mm), z obciążeniem elementów o wymiarach 2500x1020x450 mm siłą do 220 kN [15].



Rys. 1. Stanowisko do badań siatek okładzinowych [2]

Modernizację i rozbudowę stanowisk badawczych realizowano również w ramach projektu 1.3 RPO WSL „Rozbudowa laboratoriów Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach celem prowadzenia badań na rzecz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów” współfinansowanego przez Unię Europejską, z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2007-2013 oraz środków własnych KOMAG-u.



PROGRAM
REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Projekt realizowano etapami, w okresie od 2012 r. do 2013 r. Wynikami końcowymi zrealizowanego projektu są:

- modernizacja stanowiska do badań kinematyki i funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej,
- wykonanie specjalistycznych stanowisk do badań podpór hydraulicznych,
- modernizacja systemów sterowania stanowisk badawczych,
- utworzenie infrastruktury technicznej platformy informatycznej e-laboratorium.

2.1. Modernizacja stanowiska do badań kinematyki i funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej

W ramach prac modernizacyjnych wymieniono mechaniczne elementy stropu stanowiska (zużyte szyny) (rys. 2). Zastosowano także nowe urządzenie rolkowo-dźwigniowe umożliwiające zmianę sposobu podparcia badanej sekcji obudowy zmechanizowanej.

Wymieniono elementy układu hydraulicznego stanowiska oraz wyposażono je w nowe siłowniki mechanizmu obrotu stanowiska, siłowniki przesuwu stropu i siłowniki ryglowania trawers stanowiska.



Rys. 2. Wzmocnienie stropu stanowiska do badań kinematyki i funkcjonalności sekcji obudowy zmechanizowanej [2]

Z układu hydraulicznego wyeliminowano połączenia typu Stecko i zastąpiono je połączeniami gwintowymi, przez co usunięto częstą przyczynę awarii i przestojów występujących w procesie badawczym.

2.2. Nowe, specjalistyczne stanowiska do badań podpór hydraulicznych oraz rozpór stalowych

Stanowisko do badań podpór hydraulicznych wykonano w celu spełnienia wymagań normy zharmonizowanej PN-EN 1804-2+A1 "Maszyny dla górnictwa podziemnego. Wymagania bezpieczeństwa dla obudowy zmechanizowanej. Część 2: Stojaki i pozostałe siłowniki", i umożliwieniu wykonywania badań innych elementów maszyn i urządzeń, przy obciążeniu siłami ściskającymi i rozciągającymi.

Maksymalne wartości parametrów technicznych stanowiska (rys. 3) są następujące [16]:

- | | |
|--|-----------|
| - statyczna siła ściskająca | - 3,3 MN |
| - statyczna siła rozciągająca | - 2,5 MN |
| - siła ściskająca przy obciążeniu zmiennym | - 1,8 MN |
| - siła rozciągająca przy obciążeniu zmiennym | - 1,4 MN |
| - długość badanej podpory | - 1700 mm |



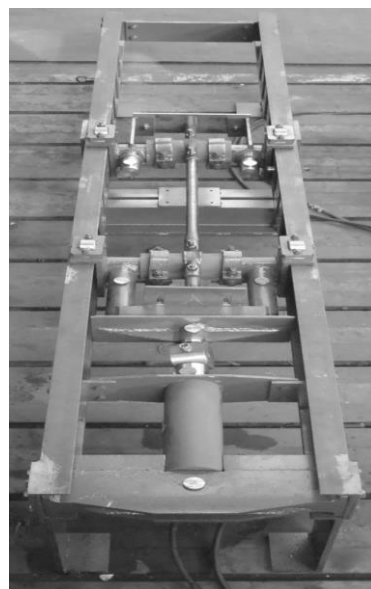
Rys. 3. Stanowisko do badań podpór hydraulicznych [2]

Kolejne stanowisko do badań rozpór stalowych stabilizujących odrzwia obudowy wyrobisk korytarzowych i komorowych wykonanych z kształowników V25, V29, V32 i V36, spełnia wymagania normy PN-G-15000-7. Obudowa chodników odrzwiami podatnymi z kształowników korytkowych. Rozpory stalowe dwustronnego

działania. Wymagania i badania". Stanowisko (rys. 4) posiada następujące parametry techniczne [17]:

- | | |
|--|-------------------|
| - statyczna siła ściskająca i rozciągająca | - max.
0,15 MN |
| - maksymalna długość badanej rozpory | - 2000 mm |

Doposażono je w dynamometry tensometryczne, o zakresach pomiarowych 200 kN i 6000 kN, służące do kontroli zadanego obciążenia.



Rys. 4. Stanowisko do badań rozpór stalowych [2]

Do zasilania ww. stanowisk badawczych zakupiono wysokociśnieniowy agregat pompowy typu WAP HDP 22 o ciśnieniu roboczym 62 MPa.

2.3. Suwnica o zwiększonym udźwigu

Ze środków własnych KOMAG-u zakupiono oraz dokonano montażu suwnicy dwudźwigarowej, natorowej o udźwigu mas umożliwiającej przemieszczenie elementów o masie do 32 t. Potrzeba taka wynikała z konieczności transportu sekcji obudowy zmechanizowanej o coraz większej masie. Nową suwnicę zainstalowano w hali badań „D” i zapewniono możliwość jej współpracy z dotychczasową suwnicą.

W celu monitoringu i wizualizacji oraz rejestracji wyników badań wykonano, specjalistyczne pulpity sterownicze do stanowisk badawczych:

- funkcjonalności i kinematyki sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 5),
- obciążenia podpór hydraulicznych (rys. 6).

Zainstalowano oprogramowanie sterowników, które umożliwia kontrolę i rejestrację parametrów stanowisk i automatyczne wykonywanie badań zmęczeniowych.

Możliwa jest również archiwizacja dokumentacji badań oraz nadzór nad synchronicznym sterowaniem kilkoma próbami.



Rys. 5. Pulpit sterowniczy stanowiska do badań funkcjonalności i kinematyki sekcji obudowy zmechanizowanej [2]



Rys. 6. Pulpit sterowniczy stanowiska do badań podpór hydraulicznych [2]

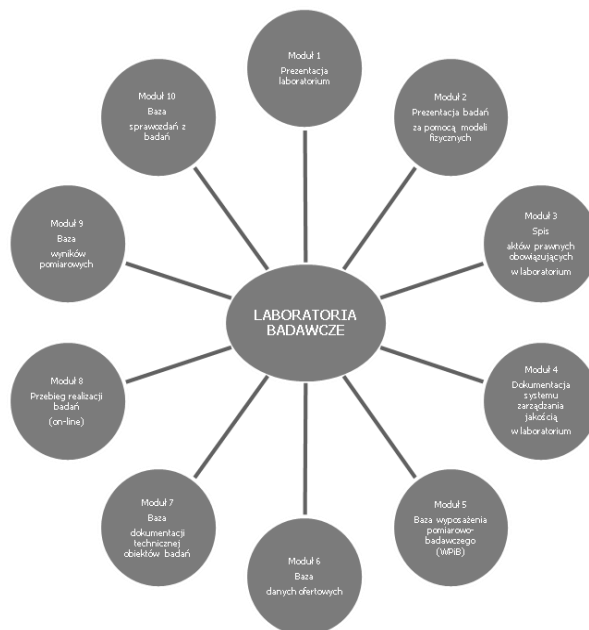
2.4. Infrastruktura techniczna platformy informatycznej e-laboratoriów

W ramach kolejnego etapu projektu opracowano:

- środowisko programistyczne umożliwiające gromadzenie, analizę i wizualizację danych pomiarowych oraz przekazywanie ich klientowi, jak również archiwizację dokumentów laboratorium,
- system elektronicznego nadzoru nad wyposażeniem pomiarowym i badawczym laboratorium ITG KOMAG.

Platforma informatyczna e-laboratoria spełnia standardy zawarte w normach PN-EN ISO/IEC 17025, PN-EN/ISO 9001, oraz opisane w zasadach Good Practice Laboratory.

Moduły platformy informatycznej e-laboratoriów wdrożone we wszystkich laboratoriach Instytutu, pokazano na rysunku 7.



Rys. 7. Moduły platformy informatycznej e-laboratoria [18]

2.5. Rozszerzenie zakresu badań oraz doskonalenie metod sterowania jakością

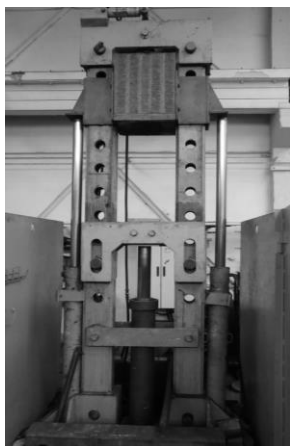
Laboratorium Badań ciągle rozszerza zakres usług badawczych.

W styczniu 2015 r. wystąpiono do Polskiego Centrum Akredytacji o rozszerzenie zakresu akredytacji o badania stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych, wg normy PN-G-15536:2013-06 „Górnicza obudowa indywidualna - Stojaki hydrauliczne centralnie zasilane”. Audit PCA przeprowadzony w maju 2015 r. potwierdził kompetencje Laboratorium Badań w rozszerzanym obszarze, na który składają się następujące badania stojaków:

- przeciążenia statycznego symetrycznego i asymetrycznego,
- trwałości,
- podatności,
- przeciążenia dynamicznego,
- prędkości rabowania,
- szczelności,
- funkcjonalności.

Umożliwia ono również badanie zaczepów transportowych. Stanowisko przedstawiono na rysunku 8.

W celu podwyższenia i weryfikacji jakości badań Laboratorium realizuje międzylaboratoryjne badania porównawcze, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025.



Rys. 8. Stanowisko do badań stojaków hydraulicznych centralnie zasilanych [16]

Dotyczą one w szczególności pomiarów:

- ciśnienia metodą pomiarów bezpośrednich,
- wymiarów geometrycznych liniowych metodą pomiarów bezpośrednich,
- wyznaczania podporności roboczej oraz średniej podporności roboczej stojaka ciernego,
- przemieszczenia,
- siły,
- natężenia przepływu,
- odkształcenia,
- parametrów hydrostatycznych przewodów hydraulicznych.

Badania porównawcze prowadzono, między innymi, z laboratoriami Głównego Instytutu Górniczego, POLTEGOR-u oraz firm: ASPEKT, TEST, OPAVA i OBAC.

3. Rozwój infrastruktury badawczej oraz zakresu badań Laboratorium Badań Stosowanych

Laboratorium Badań Stosowanych stanowi interdyscyplinarny zespół realizujący badania wibroakustyczne maszyn i urządzeń, w środowisku ogólnym oraz w środowisku pracy, dotyczące procesu certyfikacji urządzeń na zgodność z Dyrektywami: ATEX, Maszynową i Niskonapięciową. Prowadzone są również badania mechaniczne i elektryczne pojazdów transportowych oraz badania właściwości fizycznych materiałów stosowanych w przemyśle [9]. Kompetencje Laboratorium Badań Stosowanych potwierdza akredytacja Polskiego Centrum Akredytacji nr AB 665, która zawiera informacje o zakresie działalności i badanych cechach, w odniesieniu do przedmiotu badań/wyrobu, wraz z podaniem dokumentu odniesienia. Poza badaniami realizowanymi dla celów oceny zgodności, Laboratorium realizuje również szereg badań prototypowych maszyn i urządzeń [1], stanowiących istotne wsparcie w procesie ich projektowania i wytwarzania. Konsekwentnie modernizowana infrastruktura badawcza, budowanie nowych stanowisk

badawczych i zakupy nowoczesnej aparatury pomiarowej, pozwalają spełnić wysokie wymagania: techniczne, bezpieczeństwa, ergonomii i środowiska.

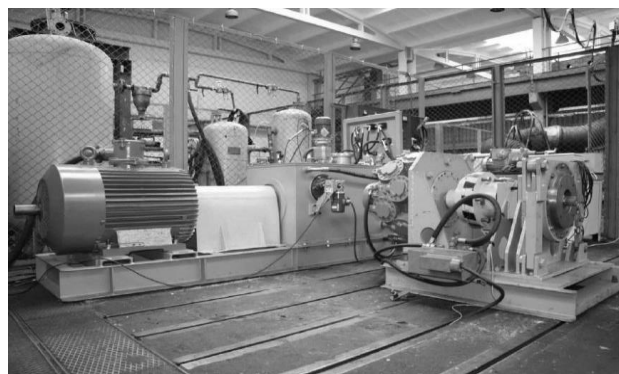
3.1. Infrastruktura badawcza

Laboratorium Badań Stosowanych systematycznie rozwija posiadany potencjał badawczy, korzystając z dotacji aparaturowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, a także środków własnych Instytutu. Rozwój infrastruktury badawczej pozwala podnosić jakość, kompetencje w zakresie realizowanych badań, a także nadążać za ciągle rosnącymi potrzebami klientów. W ostatnich latach jedną z istotniejszych była modernizacja sieci elektroenergetycznej w halach badawczych Instytutu (rys. 9). Unowocześniono infrastrukturę elektryczną oraz podwyższono poziom napięcia zasilania badanych maszyn i urządzeń. Zainstalowano nowe przyłącza energetyczne, transformatory redukcyjne oraz szereg rozdzielnic elektrycznych, umożliwiających równoległe zasilanie kilku odbiorników o różnych mocach i napięciach zasilania. Zakres napięć zasilających wynosi obecnie: 127 V, 230 V, 400 V, 500 V, 1 kV do 3,3 kV. Modernizacja zapewniła jednocześnie wysoki poziom bezpieczeństwa pracy.



Rys. 9. Zmodernizowana instalacja elektryczna w hali badawczej [źródło: fot. KOMAG]

Zmodernizowano i zbudowano nowe stanowiska badawcze zainstalowane w sposób trwały w halach badawczych Laboratorium. Na rysunkach 10 i 11 przedstawiono ich przykłady.



Rys. 10. Stanowisko do badań elementów hydrauliki siłowej [źródło: fot. KOMAG]

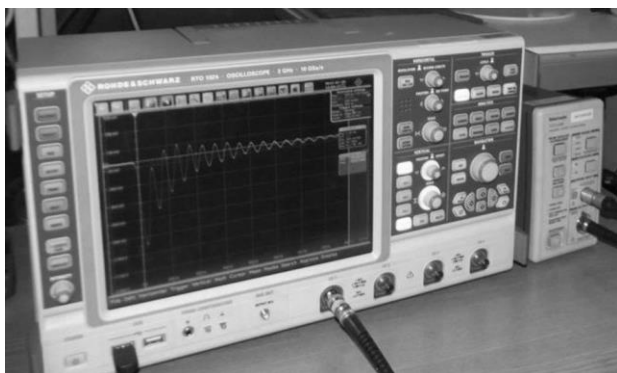


Rys. 11. Komory klimatyczna i pyłowa
[źródło: fot. KOMAG]

3.2. Rozwój metod badań

Laboratorium konsekwentnie opracowuje i wdraża nowe metody badań [14], które jednocześnie poszerzają zakres akredytacji. Posiadany przez Laboratorium elastyczny zakres akredytacji upraszcza te działania. W określonym zakresie Laboratorium ma możliwość modyfikowania lub włączania dodatkowych metod, bez konieczności każdorazowego informowania Polskiego Centrum Akredytacji [12]. W okresie ostatnich trzech lat Laboratorium wdrożyło do stosowania nowe metody badań: osłon ognioszczelnych zgodnie z normą PN-EN 60079-1 [13], prędkości obrotowej maszyn wirujących, parametrów elektrycznych urządzeń AGD oraz dylatacji mostowych.

Dotacje aparaturowe w ostatnich pięciu latach pozwoliły na doposażenie Laboratorium Badań Stosowanych w nowoczesną aparaturę pomiarową, najwyższej jakości, dostarczoną przez renomowanych producentów światowej klasy. Na rysunku 12 zaprezentowano przykład przyrządu do badań wyładowań elektrostatycznych oraz iskrobezpieczeństwa obwodów elektrycznych.



Rys. 12. Przyrząd do pomiaru i rejestracji wyładowania elektrostatycznego [źródło: fot. KOMAG]

3.3. Prace badawczo-rozwojowe realizowane w Laboratorium

Laboratorium prowadzi prace badawczo-rozwojowe, szczególnie z zakresu bezpieczeństwa użytkowania maszyn i urządzeń oraz ich funkcjonalności. Mając na uwadze jakość dostarczanych usług Laboratorium uczestniczy w badaniach biegłości i organizuje badania międzylaboratoryjne we własnym zakresie oraz we współpracy z renomowanymi ośrodkami badawczymi w kraju i za granicą [10]. Pracownicy Laboratorium prezentują wyniki swoich prac naukowych na międzynarodowych konferencjach oraz biorą udział w pracach normalizacyjnych Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

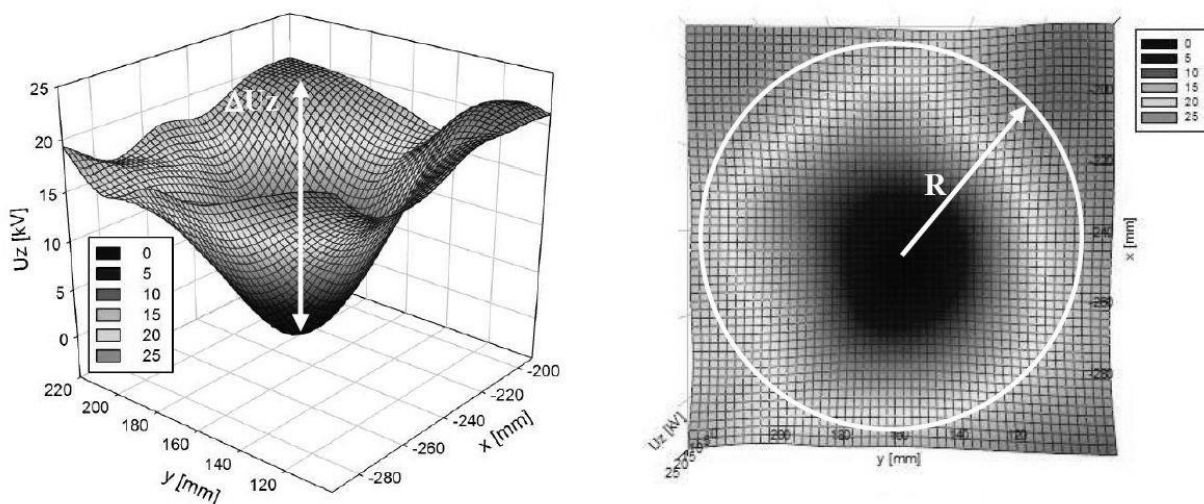
W ramach realizowanych prac bardzo istotne miejsce zajmują również badania związane z zagrożeniami występującymi w strefach zagrożonych wybuchem Dyrektywa ATEX. W tym celu, w ramach dotacji aparaturowej doposażono Laboratorium w specjalistyczne stanowiska badawcze do badań zjawisk związanych z zagrożeniem wybuchem. Na rysunku 13 zaprezentowano skaner potencjału powierzchniowego, który umożliwia pomiar rozkładu ładunku na próbce materiału nieprzewodzącego. Skaner składa się z systemu automatycznego pozycjonowania oraz unikatowego, bardzo precyzyjnego miernika pola elektrycznego.

Na rysunku 14 zaprezentowano typowy rozkład potencjału na próbce materiału nieprzewodzącego po wystąpieniu wyładowania elektrostatycznego. Dzięki zastosowaniu opisywanego wyposażenia pomiarowego możliwe jest prowadzenie prac związanych z określeniem zdolności do zapłonu mieszanin gazów wybuchowych przez wyładowania elektrostatyczne snopiaste [11].

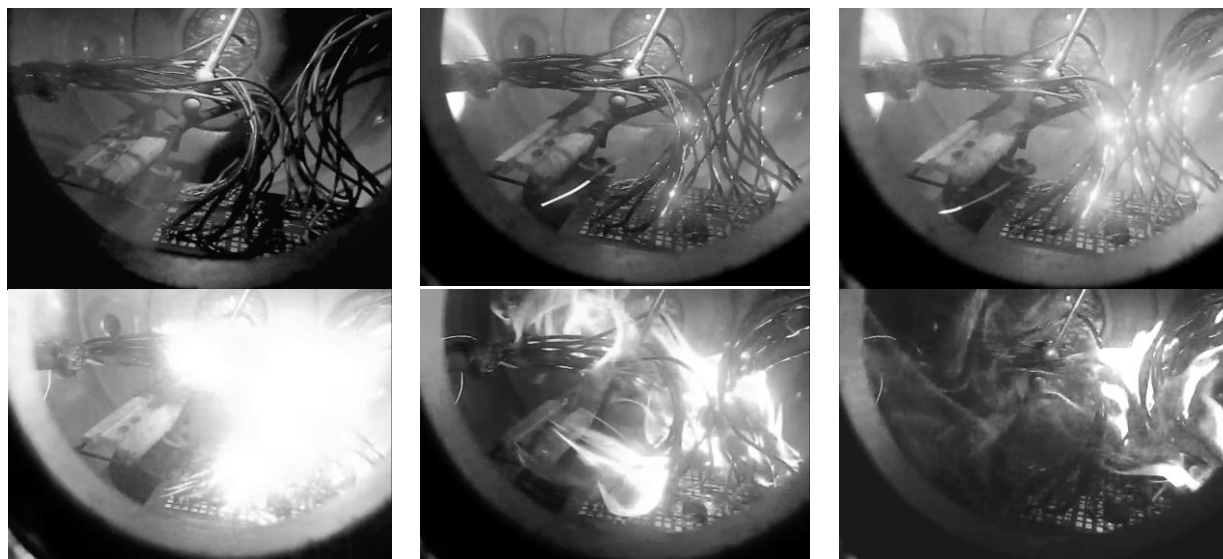
Wykorzystując komorę wybuchową, zakupioną również w ramach dotacji aparaturowej, prowadzone są prace ukierunkowane na określenie możliwości zapalenia mieszaniny metanowo-powietrznej przez małe elementy. Na rysunku 15 zaprezentowano kolejne etapy zapłonu mieszaniny wybuchowej.



Rys. 13. Skaner potencjału powierzchniowego z unikatowym woltomierzem elektrostatycznym [11]



Rys. 14. Typowy rozkład potencjału powierzchniowego po wystąpieniu wyładowania elektrostatycznego z materiału nieprzewodzącego [11]



Rys. 15. Zapłon mieszaniny metanowo-powietrznej podczas badania możliwości zapalenia przez małe elementy [8]

4. Rozbudowa infrastruktury i bazy badawczej Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska

Lata 2010÷2015 to dla Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska okres intensyfikacji działań związanych z dalszą rozbudową zaplecza badawczego dotyczącego nowego obszaru działalności Instytutu KOMAG, tj. badań bezpieczeństwa użytkowania wyrobów dla dzieci. Działania te realizowane były zgodnie z przyjętym w 2006 roku, usystematyzowanym trybem postępowania [6], obejmującym prace o charakterze:

- analitycznym - ocena rynku usług laboratoryjnych i wymagań formalno-prawnych, w tym normowych oraz określenie grupy beneficjentów nowych usług badawczych,

- projektowym - adaptacja pomieszczeń Instytutu KOMAG na cele laboratoryjne i budowa nowych stanowisk laboratoryjnych,
- badawczym – opracowanie nowych metod i procedur badawczych oraz ich walidacja,
- organizacyjno-kompetencyjnym – modyfikacja dokumentacji systemu zarządzania, zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2006 i podnoszenie kwalifikacji personelu laboratorium.

Skuteczność działań prowadzonych w latach 2006÷2008 została potwierdzona uzyskaniem przez Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska w 2008 roku akredytacji nr AB 910 obejmującej badania bezpieczeństwa użytkowania zabawek, zgodnie z wymaganiami Dyrektywy 88/378/EWG [3].

Świadczy o niej również znaczący wzrost liczby usług badawczych z wyżej wymienionego zakresu już w 2009 roku [7]. Przyjęty kierunek rozbudowy laboratorium w obszarze badań bezpieczeństwa użytkowania wyrobów dla dzieci realizowany był również w kolejnych latach, prowadząc do stopniowego poszerzania zakresu akredytowanych badań. Aktualny zakres akredytacji Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska odnosi się do badań ponad 20 rodzajów wyrobów dla dzieci, o następujących, kodach przedmiotów badań, według Polskiego Centrum Akredytacji [5]:

- 22 - Wyroby konsumpcyjne przeznaczone dla ludzi,
- 25 - Zabawki, sprzęt sportowy i rekreacyjny.

Obejmuje on ponad 350 parametrów z dziedzin o kodach (DAB – 07, 2013):

- A - Badania akustyczne i hałasu
- C - Badania chemiczne, analityka chemiczna,
- E - Badania elektryczne i elektroniczne,
- H - Badania ogniowe,
- J - Badania mechaniczne,
- N - Badania właściwości fizycznych.

Dodatkowo, w 2010 roku laboratorium uzyskało uprawnienia do samodzielnego wdrażania, w ramach elastycznego zakresu akredytacji, nowych obiektów, ich parametrów oraz metod badań. Powyższe uprawnienia oraz istniejące w Instytucie KOMAG zaplecze projektowo-konstrukcyjne umożliwiło systematyczną rozbudowę potencjału badawczego laboratorium, celem dostosowania jego oferty badawczej do zmieniających się wymagań formalno-prawnych i potrzeb rynku.

4.1. Rozbudowa zaplecza badawczego (stanowiska, aparatura)

W latach 2010÷2011 zaprojektowano, zbudowano, a następnie zwalidowano, stanowiska do badania artykułów niemowlęcych, w tym:

- właściwości mechanicznych:
 - smoczków oraz wyrobów do mocowania smoczków, sprzętu do picia i naczyń do karmienia,
 - chodzików, nosidełek, leżaczek, gondoli i stojaków,
- palności chodzików, leżaczek i gondoli dziecięcych.

Zmodernizowano również, w świetle zaostrożonych wymagań bezpieczeństwa użytkowania zabawek, wprowadzonych Dyrektywą 2009/48/WE [4], istniejące w laboratorium stanowiska do badań właściwości mechaniczno-fizycznych i palności zabawek. W 2011 roku zainicjowano prace związane z kolejnym etapem rozbudowy stanowisk laboratoryjnych dotyczących badań bezpieczeństwa użytkowania wózków dziecięcych. Opracowano ich koncepcje, a następnie dokumentacje techniczne i wykonawcze. Stanowiska uruchomiono w 2013 roku w nowych pomieszczeniach Laboratorium

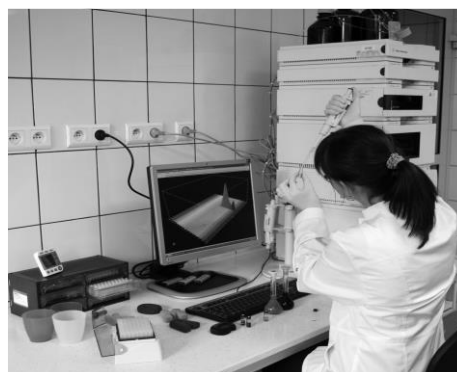
Inżynierii Materiałowej i Środowiska, których budowa dofinansowana była przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (rys. 16).



Rys 16. Zespół stanowisk do badań bezpieczeństwa użytkowania wózków dziecięcych
[źródło: opracowanie własne]

W 2014 roku opracowano dokumentację projektową i uruchomiono stanowisko do badań wytrzymałości dynamicznej gondoli wózków i leżaczek, a w 2015 roku stanowiska do badania wytrzymałości na uderzenie konstrukcji kojców oraz łóżeczek dla dzieci.

W wyniku prowadzonych w latach 2010÷2015 prac zbudowano i uruchomiono łącznie 22 zautomatyzowane stanowiska do badań właściwości fizycznych i mechanicznych wyrobów dla dzieci. Ich budowa finansowana była w całości ze środków własnych Instytutu KOMAG. Oprócz ww. stanowisk zaplecze badawcze laboratorium uzupełniono, w oparciu o inwestycje aparaturowe finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, o specjalistyczną aparaturę do badań chemicznych, w tym m.in.: chromatograf cieczowy HPLC (rys. 17.) spektrofotometr, spektrometr masowy z plazmą wzbudzoną indukcyjnie ICP-MS sprzężony z wysoko-sprawnym chromatografem cieczowym HPLC, chromatograf gazowy ze spektrometrem mas oraz modulem Headspace, spektrometr mikro-fluorescencji rentgenowskiej i wielostanowiskowy automatyczny ekstraktor.



Rys. 17. Chromatograf cieczowy HPLC
[źródło: opracowanie własne]

4.2. Nowe akredytowane metody i procedury badań

Rozbudowa zaplecza badawczego Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska związana była również z uzupełnieniem dokumentacji systemu zarządzania, w tym szczególnie procedur badawczych. Opracowano je na podstawie wyników prac badawczych, finansowanych ze środków statutowych Instytutu KOMAG. W latach 2010-2015 opracowano w laboratorium 20 zwalidowanych procedur badawczych, umożliwiających uzyskanie wiarygodnych i powtarzalnych wyników badań bezpieczeństwa użytkowania wyrobów dla dzieci.

W procedurach badawczych opracowanych w latach 2010÷2015 określono ponadto ponad 50 nowych metod badań wyrobów dla dzieci. Istotną grupę stanowiły metody badań chemicznych materiałów, z których wytwarzane są wyroby dla dzieci, ze względu na złożony proces ich opracowania i walidacji. W tym przypadku proces walidacji wymagał przeprowadzenia, dla każdej z metod, szeregu pracochłonnych analiz, celem wyznaczenia jej parametrów, takich jak: liniowość, granica oznaczalności, powtarzalność, odtwarzalność i odzysk.

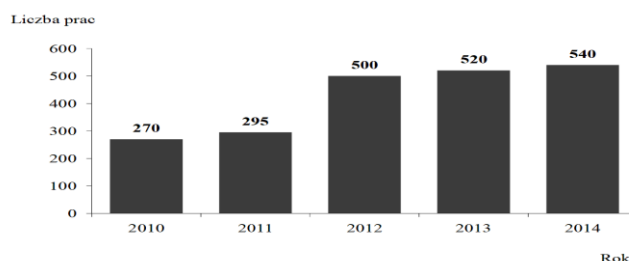
4.3. Rozwój naukowy i kompetencji pracowników laboratorium oraz efekty współpracy z partnerami przemysłowymi i gospodarczymi

Rozbudowie infrastruktury badawczej Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska towarzyszył rozwój naukowy jego pracowników. Prowadzone przez nich prace naukowe i badawcze zakończyły się uzyskaniem stopnia naukowego doktora nauk technicznych przez 2 pracowników oraz doktora habilitowanego przez Kierownika Laboratorium. Dążąc do ciągłego podnoszenia kwalifikacji i udokumentowania swych kompetencji w obszarze badań bezpieczeństwa użytkowania wyrobów dla dzieci personel laboratorium brał udział w wielu badaniach biegłości i porównaniach międzylaboratoryjnych, w tym międzynarodowych. Wśród zagranicznych jednostek badawczych, z którymi laboratorium prowadziło porównania należy wymienić:

- Laboratoire National de Métrologie et d'Essais, SGS Consumer Testing Services, Laboratoires POURQUERY z Francji,
- IISG srl z Włoch,
- Hermes Hansecontrol Group, Prüfungsinstitut Hansecontrol GmbH z Niemiec,
- LGC Standards Proficiency Testing z Wielkiej Brytanii i Textilni Zkušebny ústav s.p. z Czech.

Laboratorium brało również w porównaniach międzynarodowych organizowanych przez Komisję Europejską IMEP-26 pt.: „Determination of brominated flame retardants in plastic”, w których uczestniczyły laboratoria z 12 krajów Unii Europejskiej i 13 krajów spoza Unii. Specjaliści laboratorium biorą również

aktywny udział w pracach Komitetu Technicznego nr 237 ds. Artykułów dla Niemowląt i Małych Dzieci i Bezpieczeństwa Zabawek oraz Polskiego Komitetu Normalizacyjnego. Kierownik Laboratorium jest członkiem Grupy Wsparcia ds. Dyrektywy Bezp. Zabawek (TSD 2009/48) przy Ministerstwie Gospodarki. Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska, w okresie ostatnich pięciu lat, zdecydowanie zwiększyło grupę współpracujących z nim partnerów przemysłowych, reprezentujących zarówno krajowych, jak i zagranicznych producentów, importerów i dystrybutorów wyrobów dla dzieci. Dokumentuje to wzrost liczby prac badawczych o charakterze usługowym z obszaru badań bezpieczeństwa wyrobów dla dzieci przeprowadzonych przez laboratorium w latach 2010÷2014 (rys. 18).



Rys. 18. Liczba prac badawczych o charakterze usługowym z obszaru badań bezpieczeństwa wyrobów dla dzieci przeprowadzonych przez Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska w latach 2010÷2014
[źródło: opracowanie własne]

5. Podsumowanie

Utworzenie nowych stanowisk badawczych oraz modernizacja istniejących, jak również wdrożenie nowoczesnych systemów ich sterowania pozwoliło rozszerzyć zakres prowadzonych badań i prowadzić je bezpiecznie, automatycznie, z ciągłą rejestracją mierzonych parametrów. Dodatkowo, rozbudowa infrastruktury sprzętowo-programowej e-laboratoriów umożliwiła rejestrację, archiwizację i udostępnienie wyników badań klientom z zastosowaniem platformy internetowej.

Systematyczne inwestowanie w rozwój infrastruktury badawczej pozwala obecnie realizować badania w sposób kompetentny i rzetelny. Ma to ogromne znaczenie w związku z bezpieczeństwem pracy oraz bezpieczeństwem użytkowania wyrobów. Laboratoria posiadają szeroki zakres akredytacji, m.in. w zakresie elastycznym, obejmującym badania na zgodność z Dyrektywami: ATEX, maszynową, niskonapięciową, zabawkową i prowadzą badania laboratoryjne, środowiskowe oraz przemysłowe. W Laboratoriach realizowane są również prace związane z rozwojem naukowym pracowników, których rezultaty są prezentowane podczas konferencji krajowych i międzynarodowych, a także upowszechniane w wysokopunkto-

wanych publikacjach naukowych. Działania Laboratoriów są zgodne z misją KOMAG-u i są ukierunkowane na innowacyjne rozwiązania w celu spełnienia potrzeb klienta. Dotychczasowe doświadczenia, osiągnięcia i pozycja na rynku jaką cieszą się Laboratoria KOMAG-u pozwalają na stwierdzenie, że kierunek podejmowanych w ostatnich latach działań był właściwy i przynosi obecnie korzyści zarówno klientom, jak i Instytutowi.

Literatura

1. Dokumentacja fotograficzna Laboratorium Badań ITG KOMAG.
2. Dyrektywa (1988): Dyrektywa Rady Nr 88/378/EWG, z dnia 3 maja 1988 r. w sprawie zbliżania ustawodawstw Państw Członkowskich dotyczących bezpieczeństwa zabawek (Dz. U. WE Nr L 187).
3. Dyrektywa (2009): Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/48/WE z dnia 18 czerwca 2009 r. w sprawie bezpieczeństwa zabawek (Dz. U. WE Nr L170/1).
4. DAB-07 (2013): Akredytacja Laboratoriów badawczych. Wymagania szczegółowe. Polskie Centrum Akredytacji. Wydanie 10. Warszawa, 16.10.2013 r.
5. Gryniewicz-Bylina B. i inni (2006/2007): Budowa Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska. Praca statutowa ITG KOMAG nr E/DLS-09959. Gliwice, Instytut Techniki Górniczej KOMAG (nie publikowana).
6. Gryniewicz-Bylina B. (2010): „Od maszyny i urządzenia górniczego do zabawki” - rozwój Laboratorium Inżynierii Materiałowej i Środowiska Instytutu Techniki KOMAG. Masz. Gór. 2010 nr 3-4, s. 31-38.
7. Kamiński T.: Badanie możliwości zapalenia przez małe elementy, montaż powierzchniowy. ITG KOMAG Gliwice 2013 (materiały nie publikowane).
8. Kamiński T., Lesiak K., Orzech Ł., Talarek M.: Rozwój metod badawczych związanych z Dyrektywą ATEX w Laboratorium Badań Stosowanych. Maszyny Górnicze. 2014 Nr 1 s. 29-35.
9. Orzech Ł., Talarek M., Niedworok A.: Możliwości badawcze Laboratorium Badań Stosowanych, Maszyny Górnicze. 2010 Nr 3-4 s. 24-30.
10. Orzech Ł., Talarek M.: Results of an interlaboratory comparison on the measuring of transferred charge, Proceedings of Electrostatic 2013 conference at Budapest, 17-19.04.2013 (mat. konf.).
11. Niedworok A., Orzech Ł., Talarek M.: Prace badawcze Laboratorium Badań Stosowanych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG na rzecz innowacyjnych rozwiązań dla gospodarki, Maszyny Górnicze. 2011 Nr 3 s. 15-20.
12. Polskie Centrum Akredytacji, Polityka dotycząca uczestniczenia w badaniach biegłości, DA-05 wyd. 5 z dnia 17.11.2011 r.
13. Polska Norma PN-EN 60079-1 Atmosfery wybuchowe - Część 1: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą osłon ognioszczelnych "d".
14. Talarek M., Kacprzyk R.: Charge transferred in brush discharges, Submitted to Journal of Physics Conference Series, 2015.
15. Warunki Techniczne. Stanowiska do badań: siatek okładzinowych, strzemion, przewodów hydraulicznych. ITG KOMAG 2010 (nie publikowane).
16. Warunki Techniczne. Stanowisko do badań podpór hydraulicznych. ITG KOMAG 2011 (nie publikowane).
17. Warunki Techniczne. Stanowisko do badań rozpór stalowych. ITG KOMAG 2011 (nie publikowane).
18. Wniosek projektu 1.3 RPO WSL „Rozbudowa Laboratoriów Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Gliwicach celem prowadzenia badań na rzecz bezpieczeństwa użytkowania wyrobów” - 2011 ITG KOMAG (materiały nie publikowane).

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

Nowe rozwiązania inteligentnych maszyn dla górnictwa

Streszczenie

W artykule zaprezentowano przykładowe rozwiązania konstrukcyjne i organizacyjne opracowane w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG wykorzystujące metody i narzędzia objęte wspólną nazwą *Information Technology* (IT). Przedstawiono przykładowe maszyny i urządzenia, których praca jest kontrolowana i nadzorowana przez zaawansowane systemy mechatroniczne, takie jak kombajn ścianowy KSW-800NE i przenośnik zgrzeblowy.

Summary

Examples of design and organizational solutions developed at the KOMAG Institute of Mining Technology, which use the *Information Technology* (IT) methods and tools, are given. Examples of machines and devices such as KSW-800NE longwall shearer and flight-bar conveyor, operation of which is controlled by advanced mechatronic systems, are presented.

Słowa kluczowe: *Information Technology* (IT), *Predictive Maintenance*, kombajn ścianowy; przenośnik zgrzeblowy

Keywords: *Information Technology* (IT), *Predictive Maintenance*, longwall shearer, flight-bar conveyor

1. Wprowadzenie

Rozwiązania konstrukcyjne i organizacyjne opracowane w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w szerokim stopniu wykorzystują metody i narzędzia objęte wspólną nazwą *Information Technology* (IT). Poprzez integrację składników mechanicznych, elektronicznych i informatycznych powstają rozwiązania o charakterze mechatronicznym. Nowe kierunki w rozwoju IT wyznacza obecnie Internet Rzeczy (ang. *Internet of Things*, IoT). Jego istotą jest połączenie w sieć inteligentnych urządzeń wyposażonych w czujniki i akulatory. Czujniki pozwalają inteligentnym obiektom zbierać informacje o parametrach pracy, natomiast akulatory umożliwiają sterowanie dzięki algorytmom przetwarzającym je.

Zmienia to podejście do projektowania, wytwarzania środków technicznych i sposobu eksploatacji. Zmiany w komunikacji człowiek – maszyna otwierają drogę do komunikacji maszyna – maszyna (M2M). Tworzone są nowe standardy wymiany danych, platformy sprzętowe, infrastruktury sieciowe, które prowadzą do optymalizacji wykorzystania zasobów materialnych i ludzkich. Znajduje to swoje odbicie w nowych relacjach pomiędzy wytwórcą i użytkownikiem. Wyrazem tego są nowe modele organizacyjne, oparte na krótszych łańcuchach logistycznych, dostarczających zindywidualizowane produkty i usługi. W obszarze utrzymania ruchu i obsługi serwisowej, dzięki danym zarejestrowanym przez czujniki zainstalowane na maszynach i przetwarzane przez algorytmy, możliwe staje się inteligentne sterowanie pracą maszyny. Ma ono na celu, oprócz zapewnienia poprawnych warunków pracy

maszyny, również zapobieganie awariom (*Preventive Maintenance*), oraz umożliwia predykcję awarii kontrolowanych zespołów (*Predictive Maintenance*). Tendencja ta nie omija również maszyn i urządzeń górniczych stosowanych zarówno na powierzchni, jak i pod ziemią. Należy oczekiwać, że wymagania użytkowników w coraz większym stopniu będą się zwracały w kierunku tej formy utrzymania ruchu, która według specjalistów może być kilkukrotnie tańsza, aniżeli planowe przeglądy i naprawy. Również w ITG KOMAG opracowywane są maszyny i urządzenia, których praca jest kontrolowana i nadzorowana przez zaawansowane systemy mechatroniczne. Przykładem jest kombajn ścianowy KSW-800NE opracowany w ramach projektu INERG oraz ścianowy przenośnik zgrzeblowy zrealizowany w ramach projektu ICON.

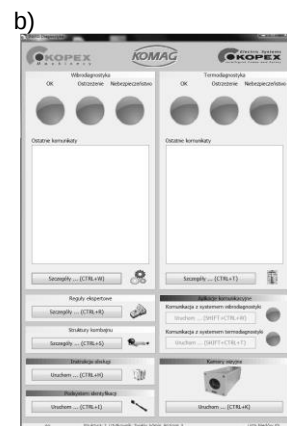
2. Kombajn ścianowy KSW-800NE

Kombajn ścianowy KSW-800NE (rys. 1) został opracowany w ramach projektu INERG przy współpracy z KOPEX Machinery S.A, oraz Elgór+Hansen S.A., [5]. Liderem projektu był Instytut KOMAG, a prace konsorcjum finansowane były w ramach programu IniTech. W toku prac nad projektem powstał System Diagnostyki, Identyfikacji Elementów Maszyny i Obserwacji Warunków Pracy, zgodnie ze strategią *Predictive Maintenance*. Składa się on z następujących podsystemów:

- wibrodiagnostyki,
- diagnostyki kombajnu za pomocą kamery termowizyjnej,
- Identyfikacji Elementów Maszyn,
- Interaktywnej Dokumentacji Techniczno-Ruchowej.



Rys. 1. Widok kombajnu KSW-800NE [źródło: opracowanie własne]



Rys. 2. Stacja robocza KOMAG, na której zainstalowano System Diagnostyki, Identyfikacji Elementów Maszyny i Obserwacji Warunków Pracy (a), interfejs użytkownika warstwy programowej systemu (b) (źródło: [2])

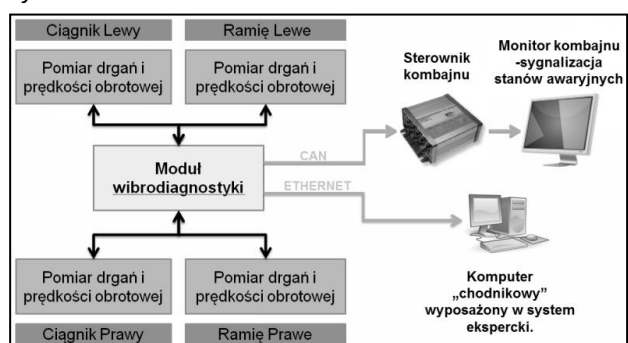
Podsystemy posiadają dwie warstwy: programową i sprzętową. Oprogramowanie podsystemów zainstalowane jest na stacji roboczej KOMAG umieszczonej w chodniku podścianowym, w pociągu aparaturowym. Stacja robocza przystosowana jest do pracy w podziemiach kopalń, rys. 2a. Interfejs użytkownika systemu pokazano na rys. 2b. Pozwala on na dostęp do warstwy programowej podsystemów.

Podsystem wibrodiagnostyki

Celem podsystemu wibrodiagnostyki jest detekcja uszkodzeń elementów przekładni zainstalowanych w ramionach kombajnu, w zmiennych warunkach eksploatacyjnych, na podstawie pozyskanych danych z czujników drgań rozmieszczonych na kombajnie [1].

Wnioskowanie diagnostyczne uwzględnia informacje dotyczące warunków eksploatacyjnych. Poza analizą sygnałów uzyskanych z czujników drgań (przyspieszeń),

podsystem wibrodiagnostyki wykorzystuje informacje o chwilowych wartościach obciążenia silnika organu urabiającego i napędu posuwu. Podsystem spełnia warunki iskrobezpieczeństwa. Strukturę podsystemu przedstawiono za pomocą schematu blokowego na rysunku 3.



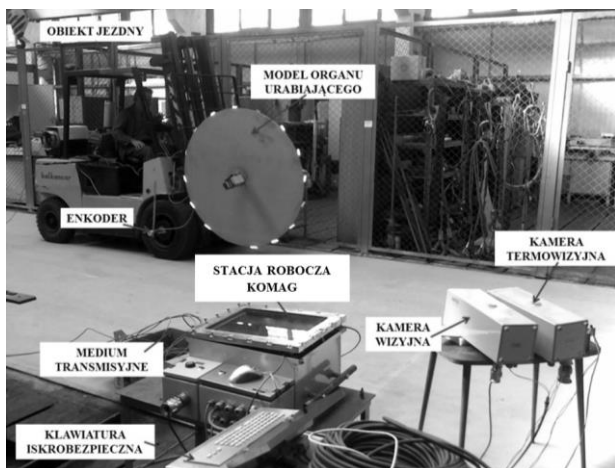
Rys. 3. Struktura modułu wibrodiagnostyki (źródło: [1])

Podstawową mierzoną wielkością jest przyspieszenie drgań. Na kadłubie kombajnu rozmieszczonych jest 12 czujników, które przesyłają sygnały kanałami pomiarowymi do stacji roboczej. Informacje o stanie przekładni uzyskiwane są na podstawie analizy parametrów sygnału odbieranego z czujników drgań; amplitudy mierzonego sygnału, jego obwiedni, oraz amplitudy poszczególnych składowych widma częstotliwościowego. Dane zapisywane są w postaci plików binarnych w zewnętrznej pamięci typu *pendrive*. Pojedynczy plik zawierający serię pomiarową, zapisywany przez moduł wibrodiagnostyki w pamięci zewnętrznej, zajmuje 7 MB pamięci. Rozmiar pamięci wystarcza na około 7 dni ciągłej rejestracji plików pomiarowych.

Współpracę pomiędzy modulem programowym, a składnikami sprzętowymi badano na zmontowanym kombajnie KSW-800NE, w warunkach hali montażowej. Działanie prototypu systemu poddano badaniom podczas prób ramion oraz ciągników na hamowni KOPEX Machinery S.A., a następnie podczas badań eksploatacyjnych całego kombajnu w kopalni Staszic-Murcki, Ruch Boże Dary, które wykazały poprawność działania maszyny.

Podsystem diagnostyki kombajnu za pomocą kamery termowizyjnej

Podsystem diagnostyki kombajnu z użyciem termowizji jest niezależnym podsystemem wspomagającym identyfikację zużytych noży skrawających organu urabiającego kombajnu [2]. Działanie podsystemu badano na stanowisku laboratoryjnym (rys. 4).

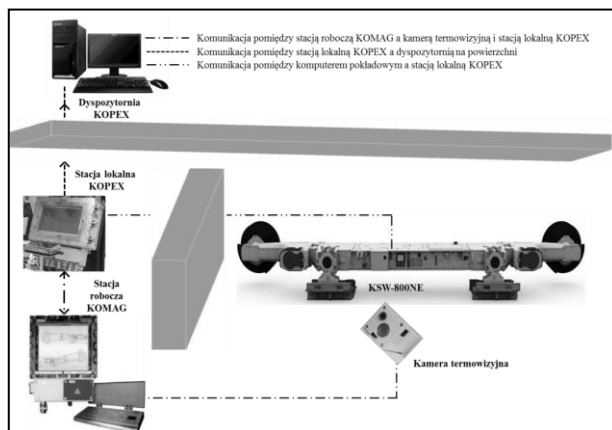


Rys. 4. Widok stanowiska laboratoryjnego do badania podsystemu diagnostyki termowizyjnej
[źródło: opracowanie własne]

Na obwodzie obracającej się makiety organu urabiającego, w miejscach, gdzie w organach rzeczywistych mocowane są noże skrawające, umieszczono żarówki symulujące źródła ciepła. Enkoder umieszczony na wózku symulującym kadłub kombajnu, obliczał przebytą drogę i wyzwał kamerę termowizyjną zawsze w tym samym sektorze organu

urabiającego. W ten sposób rejestrowano obraz zawsze tych samych noży skrawających. Uzyskany termogram analizowano z pomocą programu porównującego aktualne temperatury noży, z temperaturami uznanymi arbitralnie za objaw jego zużycia.

Konfigurację sprzętową systemu zainstalowanego w kombajnie KSW-800NE działającym w warunkach rzeczywistych pokazano na rysunku 5.

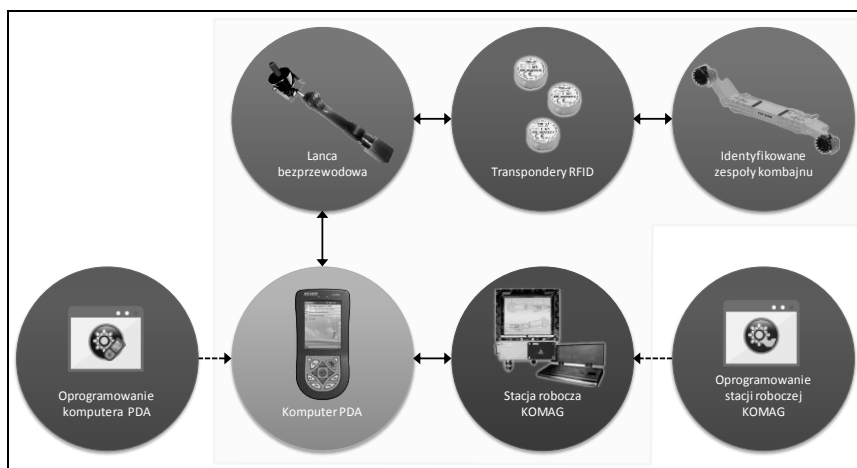


Rys. 5. Konfiguracja sprzętowa podsystemu diagnostyki kombajnu za pomocą kamery termowizyjnej (źródło: [2])

Enkoder umieszczony jest w ciągniku kombajnu. Z komputera na powierzchni, w stacji lokalnej KOPEX ustawiane jest miejsce wyzwolenia kamery, jako moment czasowy minięcia przez środek kombajnu sekcji obudowy zmechanizowanej, o określonym numerze. Wówczas ze stacji KOPEX wysyłany jest sygnał do stacji roboczej KOMAG, wyzwalający kamerę. W celu stwierdzenia rzeczywistego stopnia zużycia noży, należy przeprowadzić osobne badania, które pozwolą na uzyskanie wzorców zużycia i zarejestrowanych dla nich temperatur. Dopiero te temperatury mogą stanowić wytyczną do oceny stopnia zużycia noży.

Podsystem Identyfikacji Elementów Maszyn

W podsystemie wykorzystano znane rozwiązanie, stosowane do identyfikacji sekcji obudów zmechanizowanych, transpondery RFID (ang. *Radio-Frequency Identification*), [2]. Na rysunku 6 przedstawiono konfigurację sprzętowo-programową podsystemu. Pasywne transpondery RFID rozmieszczono na ramionach kombajnu, zespole napędowo-hydraulicznym, module zasilającym, przekładniach bocznych i organach urabiających. Dane z transponderów odczytywano za pomocą lancy bezprzewodowej, a następnie rejestrowano i przetwarzano za pomocą oprogramowania zainstalowanego na stacji roboczej KOMAG i na przenośnych komputerach PDA (ang. *Personal Device Assistant*), dopuszczonych do pracy w atmosferze wybuchowej. Ewidencja zespołów i elementów kombajnu zwiększa ich dyspozycyjność dla służb serwisowych producenta.



Rys. 6. Struktura podsystemu identyfikacji części kombajnu ścianowego (źródło: [2])

Zastosowania podsystemu wykraczają poza zadania ewidencjonowania zespołów i części. Umożliwiają również m.in. dostęp do zasobów wiedzy wspomagających operacje utrzymania ruchu i serwisowania.

Podsystem Interaktywnej Dokumentacji Techniczno-Ruchowej

Podsystem Interaktywnej Dokumentacji Techniczno-Ruchowej wspomaga bezpośrednio operacje utrzymania ruchu i serwisowania kombajnu w warunkach panujących w podziemiach kopalni. Jest on dostępny na stacji roboczej KOMAG, na komputerze pokładowym kombajnu i na komputerach typu PDA. Interaktywna dokumentacja przedstawia kolejne kroki wykonywania operacji za pomocą ekranów zawierających opis tekstowy operacji i animację, która wizualizuje w jaki sposób należy ją wykonać [3].

Zasoby wiedzy zgromadzone w podsystemie służą także do wspomagania szkoleń użytkowników kombajnu. Opracowana została koncepcja ruchomego stanowiska pozwalająca na prowadzenie szkoleń podczas montażu próbnego u producenta, lub bezpośrednio na stanowisku pracy pod ziemią [4]. Treści szkolenia przekazywane są za pomocą technologii rozszerzonej rzeczywistości (ang. *Augmented Reality*) na tle kombajnu, w miejscu wykonywania danej operacji (rys. 7).



Rys. 7. Wizualizacja za pomocą technologii rozszerzonej rzeczywistości kolejności wykonywania czynności demontażu (źródło: [3])

3. Przenośnik zgrzeblowy opracowany w projekcie ICON

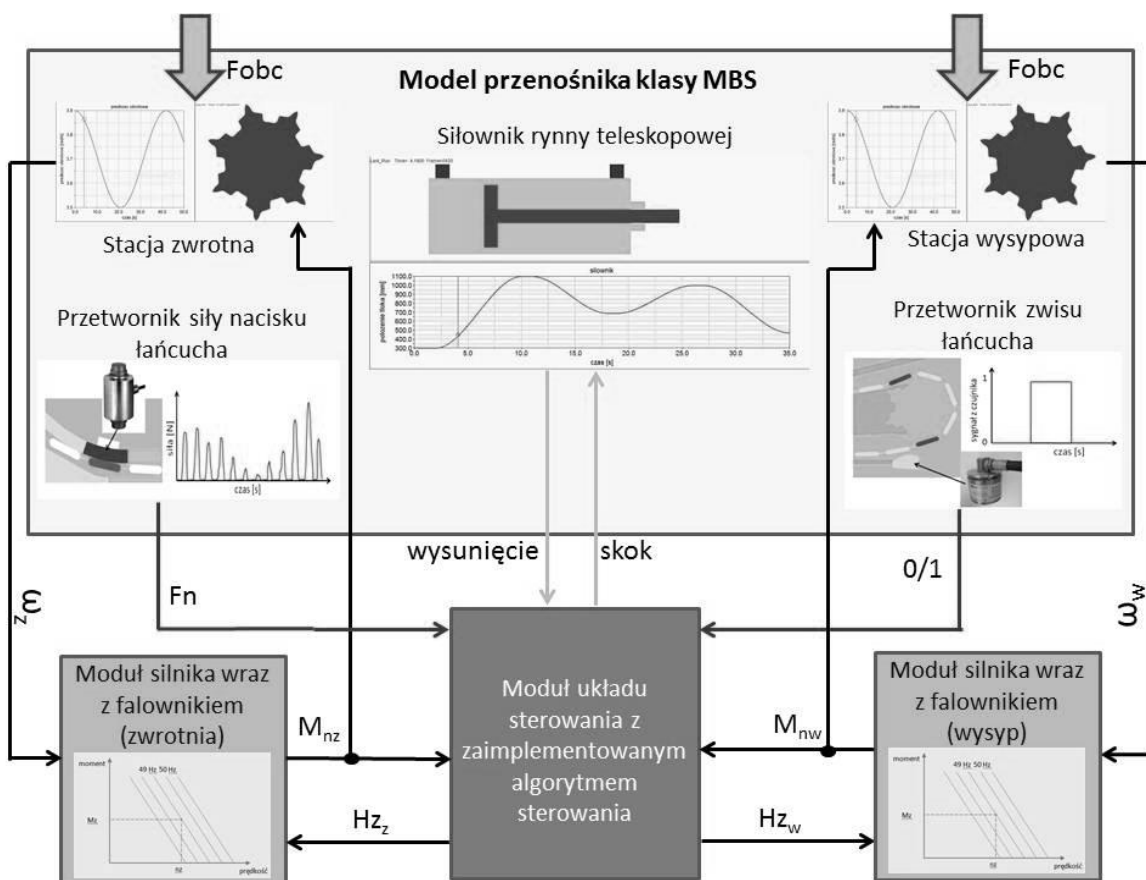
W ramach projektu ICON, realizowanego wspólnie z Politechniką Śląską, KOPEX Machinery S.A. oraz firmą Elgór Hansen S.A. opracowano zgrzeblowy przenośnik ścianowy. Jego zasadniczą innowacją jest nadążny układ sterowania, kontrolujący i regulujący obciążenia napędów oraz napięcie łańcucha zgrzeblowego. Projektowanie mechatronicznego układu sterowania przenośnika wspomagane było zastosowaniem innowacyjnej metody wirtualnego prototypowania maszyn i urządzeń. Zmienne w czasie ładowanie urobku na przenośniku zgrzeblowym wpływa na dynamiczne zmiany obciążenia jego silników napędowych oraz napięcia łańcucha zgrzeblowego. Właściwości sprężyste łańcucha zgrzeblowego, w połączeniu z nierównomiernym obciążeniem urobkiem jego górnej nitki doprowadzają do nadmiernego jego luzowania się lub nadmiernego napięcia. Stany takie zagrażają wystąpieniem awarii przenośnika i nieplanowanym postojem ściany wydobywczej. W ramach projektu opracowano koncepcję sterowania wybranymi parametrami pracy przenośnika zgrzeblowego, w celu optymalnego wykorzystania zainstalowanej mocy napędów oraz utrzymania właściwego napięcia łańcucha zgrzeblowego. W tym celu opracowano algorytm sterowania parametrami pracy przenośnika, uwzględniający różne nachylenia ściany węglowej. Wspomaganie procesu projektowania i weryfikację poprawności pracy algorytmu przeprowadzono z zastosowaniem modelu przenośnika opracowanego przy zastosowaniu oprogramowania do analizy kinematyki i dynamiki układów brył sztywnych (MSC.ADAMS) oraz oprogramowania MatLab/SIUMULINK. Pozwoliło to na wydatne skrócenie czasu badań stanowiskowych i obniżenie kosztów prowadzenia testów na stanowisku badawczym. Algorytm ma za zadanie wyeliminowanie negatywnych skutków pracy przenośnika, co powinno zmniejszyć awaryjność i wydłużyć jego żywotność. Ponieważ efekt luzowania łańcucha jest związany

z mocami generowanymi na napędach, zdecydowano na powiązanie w algorytmie funkcji napinania łańcucha oraz funkcji wyrównywania obciążeń. Podstawowe informacje o parametrach pracy przenośnika przekazywane do układu sterowania są następujące:

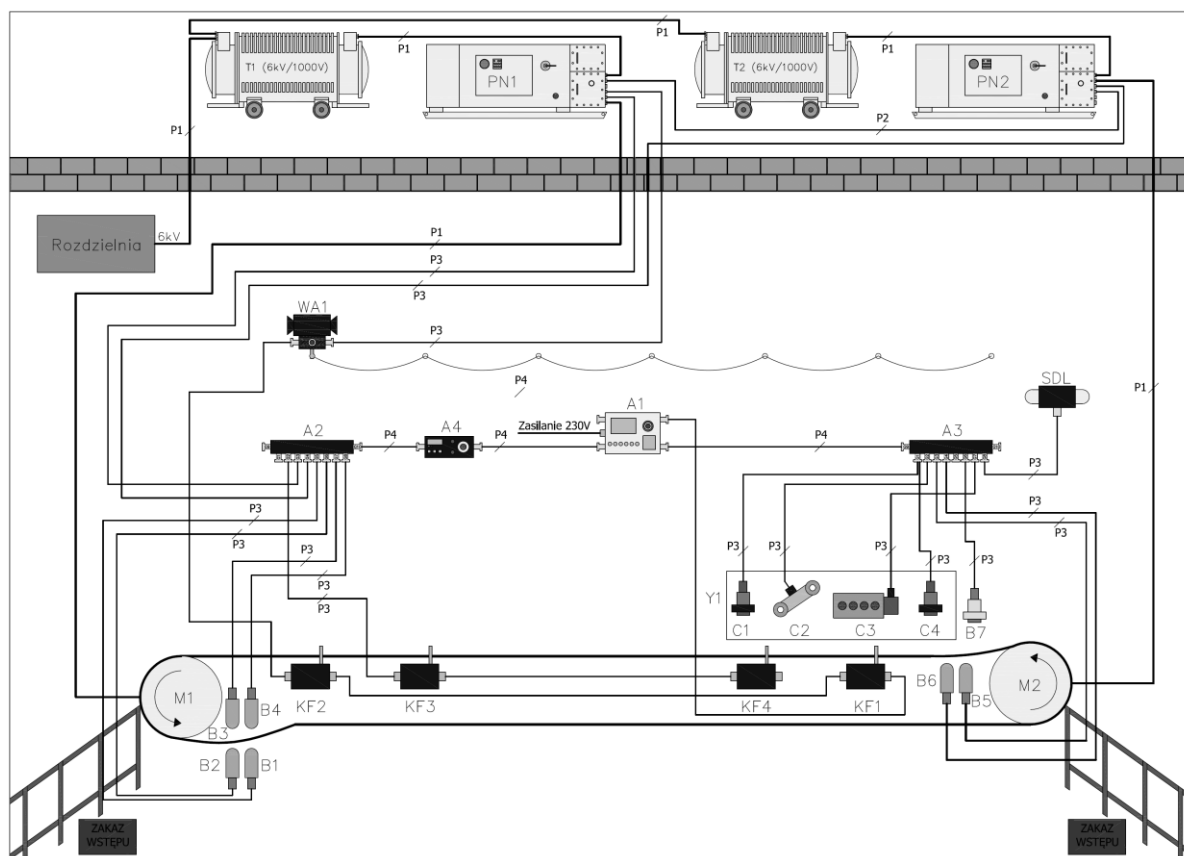
- wartości mocy (P_1 i P_2) na silniku każdego z napędów, kwalifikowane na poziomie sterownika nadrzędnego jako iloraz P_1/P_2 do jednej z trzech kategorii A, B lub C, przy czym przedziały dla tych kategorii są ściśle określone dla konkretnego wykonania przenośnika i nachylenia podłużnego w ścianie,
- wartość „F” siły w łańcuchu schodzącym z napędu zwrotnego, kwalifikowana na poziomie sterownika do jednej z trzech kategorii: dopuszczalna „F1”, średnia (warunkowo dopuszczalna) „F2”, zbyt duża „F3”, przy czym przedziały tych sił również są ściśle określone dla konkretnego przenośnika oraz nachylenia na jakim pracuje,
- informacja 0 lub 1 informująca o tym czy na napędzie wysypowym jest zwis łańcucha „0” czy brak zwisu łańcucha „1”.

Na rysunku 8 zilustrowano schemat przepływu sygnałów z czujników zainstalowanych na przenośniku oraz modułów silnikowych i modułu sterowania.

Układ sterowania, w oparciu o informacje dotyczące wartości mocy (P_1 , P_2), generowanych przez napędy, siłę „F” w łańcuchu na napędzie zwrotnym, informację o wystąpieniu zwisu łańcucha (0) lub brak zwisu (1) na napędzie wysypowym, może rozpoznawać konkretnie zdefiniowany stan pracy przenośnika. Przez stan pracy rozumie się zespół parametrów pracy przenośnika dotyczących łańcucha zgrzeblowego oraz jego napędów. Łańcuch może pracować z różnymi zmiennymi stanami napięcia, wzdłuż trasy przenośnika. Nie ma możliwości monitorowania sił w łańcuchu w każdym miejscu przenośnika, ale istnieje możliwość monitorowania siły na zejściu z gwiazdy napędowej napędu zwrotnego oraz identyfikowania stanu luzowania lub nieluzowania łańcucha na zejściu z gwiazdy napędowej napędu wysypowego. Bez zastosowania układu regulacji moce na poszczególnych napędach mogą się znacznie różnić i przykładowo jeden z napędów może pracować powyżej mocy nominalnej, podczas gdy moc drugiego napędu może być niewykorzystana. Tylko jeden ze zdefiniowanych stanów pracy będzie stanem poprawnej pracy, natomiast pozostałe stany jako niewłaściwe, będą wymagały interwencji układu sterowania. Stany niewłaściwe zostały sklasyfikowane w kolejności, według wzrastającego stopnia nieprawidłowości pracy.



Rys. 8. Schemat przepływu sygnałów pomiędzy komponentami modelu obliczeniowego [źródło: opracowanie własne]



Rys. 9. Schemat ideowy stanowiska badań przenośnika zgrzeblowego
[źródło: opracowanie własne]

Po etapie wirtualnego prototypowania wykonano doświadczalny przenośnik o długości 100 m oraz dedykowany dla niego układ zasilania, sterowania i zadawania obciążenia. Schemat ideowy stanowiska badań przedstawiono na rysunku 9.

Do zasilania silników wykorzystano dwa przekształtniki częstotliwości typu PNO-340 o mocy znamionowej 500 kW i napięciu znamionowym 1000 V. Źródłem zasilania każdego z przekształtników była górnicza stacja transformatorowa 6/1 kV o mocy 400 kVA. Na konstrukcji przenośnika zainstalowano urządzenia systemu sterowania: sterownik nadrzędny A1, sterowniki lokalne A2 i A3, czujniki magnetyczne wykrywające obecność zgrzebel w przygotowanych w tym celu gniazdach, wyposażonych w mechanizmy regulacji strefy czułości, zespół przetwornika tensometrycznego siły umieszczony na specjalnie przygotowanym fragmencie ślizgu, w rejonie napędu zwrotnego.

Czujniki i urządzenia wykonawcze podłączono do odpowiednich wejść/wyjść sterowników lokalnych A2 i A3. Sterowanie przenośnika zgrzeblowego odbywało się za pomocą sterownika nadrzędnego A1 oraz ww. sterowników lokalnych A2, A3. Do sterownika A2 podłączono czujniki magnetyczne oraz wyłączniki krańcowe. Do sterownika A3 podłączono przetwornik ciśnienia (C1), przetwornik pomiaru długości wysuwu

siłownika na napędzie zwrotnym (C2), rozdzielacz elektrohydrauliczny (C3), zawór elektrohydrauliczny (C4), czujniki magnetyczne (B5, B6), czujnik nacisku (B7) oraz sygnalizator świetlny (SDL). Sterowniki A2 i A3 przekazywały dane z czujników do sterownika nadrzędnego A1, odpowiedzialnego za pracę przenośnika.

Przenośnik do badań na stanowisku prób (rys. 10) był wyposażony w dwie jednostki napędowe z dwubiegowymi silnikami indukcyjnymi o mocy 315 kW i znamionowym napięciu pracy 1000 V każdy. Przenośnik obciążano za pomocą specjalnego zespołu sań kombajnowych, wyposażonych w dwa ciągniki hydrauliczne sprzężone kołami trakowymi z drabinką posuwu na przenośniku. Sanie sprzęgnięto mechanicznie z łańcuchem zgrzeblowym przenośnika. Ruch łańcucha realizowano wahadłowo: jazdę testową zespołu obciążającego, od napędu zwrotnego do napędu wysypowego, z włączonym algorytmem regulacji, a następnie powrót do napędu zwrotnego. Dla oceny działania algorytmów regulacji korzystne było wydłużenie czasu jazdy testowej, co udało się osiągnąć stosując wolny bieg obu silników.

W czasie testów wszystkie urządzenia automatyki i zasilania działały prawidłowo, co pozwoliło na zaferowanie przenośnika finalnemu odbiorcy. Pierwszy egzemplarz przenośnika został wdrożony w KWK Marcel.



Rys. 10. Przenośnik na stanowisku prób:

a) napęd zwrotny z układem pomiaru siły w łańcuchu, b) widok trasy przenośnika [źródło: opracowanie własne]

4. Podsumowanie

W ramach realizowanych projektów opracowano skuteczne sposoby gromadzenia informacji o stanie maszyny za pomocą czujników. Uwzględnione zostały przy tym ograniczenia związane z eksploatacją pod ziemią: wymagania iskrobezpieczności, zasilania i przesyłu informacji. Przedstawione rozwiązania maszyn z zaawansowanymi technologicznie, inteligentnymi systemami diagnostyki i sterowania stwarzają przesłanki do wprowadzenia w praktyce strategii *Preventive* i *Predictive Maintenance*. W zakresie przenośnika zgrzeblowego opracowano skuteczny, automatyczny system sterowania rozdziałem mocy napędów, w oparciu o monitorowanie siły w łańcuchu na napędzie zwrotnym i detekcję luzowania na napędzie wysypowym, co jest przykładem *Preventive Maintenance*, ograniczającego możliwość wystąpienia awarii. Ewentualne nieuniknione awarie będą odpowiednio wcześniej sygnalizowane dzięki *Predictive Maintenance*. Dalsze prace będą się koncentrować na rozwijaniu reguł wnioskowania, co uzależnione jest od zebrania odpowiednich zbiorów danych. W tym zakresie prowadzona będzie ścisła współpraca z producentami maszyn i urządzeń górniczych.

Literatura

1. System wibrodiagnostyki - opis prototypu. R-G-1940.03.E.03CY1 Wydanie 3. ITG KOMAG, Gliwice 2013 (materiały nie publikowane).
2. Sprawozdanie z badań eksploatacyjnych podsystemu diagnostyki kombajnu za pomocą termowizji. W11.286-03.08.02CY6 Wydanie 1. ITG KOMAG, Gliwice 2014 (materiały nie publikowane).
3. Opracowanie dokumentacji użytkowania maszyny wydobywczej. Opracowanie interaktywnej dokumentacji techniczno-ruchowej (IDTR). G-1940AY (W11.286AY) wydanie 3. ITG KOMAG, Gliwice 2014 (materiały nie publikowane).
4. Winkler T., Jaszczuk Ł., Michalak D.: ICT based mobile training facility supporting safety shaping in the Mining Industry. W: Proceedings of the 6th International Conference Towards Safety Through Advanced Solutions, Sopot, 11-14 September 2012.
5. Szewerda K.: Wirtualne prototypowanie w tworzeniu algorytmu sterowania przenośnikiem zgrzeblowym. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, KOMTECH 2014, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2014 s. 195-206.
6. Raport końcowy z realizacji projektu w ramach Przedsięwzięcia "IniTech". ITG KOMAG, Gliwice 2015 (materiały nie publikowane).
7. Raport końcowy z fazy badawczej (fazy A) projektu w ramach Programu INNOTECH „Ścianowy przenośnik zgrzeblowy z innowacyjnym systemem regulacji parametrów pracy napędów”, Gliwice 2014 (materiały nie publikowane).

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

prof. dr hab. inż. Teodor WINKLER
dr inż. Edward PIECZORA
Instytut Techniki Górniczej KOMAG
mgr inż. Michał MARCIŃCZYK
mgr inż. Jaromir KOZŁOWSKI
KOPEX MACHINERY S.A.

Innowacyjne rozwiązanie kombajnu KSW-800NE efektem współpracy KOMAG-u i KOPEX-u

Streszczenie

Konsorcjum złożone z Instytutu Techniki Górniczej KOMAG (koordynator projektu), KOPEX Machinery S.A. oraz KOPEX Electric Systems S.A. zrealizowało, w ramach inicjatywy Narodowego Centrum Badań i Rozwoju pod nazwą IniTech, projekt pt.: „Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju” (akronim INERG), w ramach którego opracowano kombajn ścianowy KSW-800NE. W artykule przedstawiono najważniejsze cechy i funkcje kombajnu oraz omówiono wyniki badań stanowiskowych i eksploatacyjnych.

Summary

Consortium consisting of KOMAG Institute of mining Technology (Coordinator of the project), KOPEX Machinery S.A. and KOPEX Electric Systems S.A. has completed the project entitled "Innovative solutions of mining machines increasing the energy security" (acronym INERG), within IniTech initiatives of the National Centre for Research and Development. KSW-800NE longwall shearer was developed within this project. The most important features and functions of the longwall shearer are presented and the results of stand tests and operational tests are discussed.

Słowa kluczowe: górnictwo, kombajn ścianowy, badania
Keywords: mining industry, longwall shearer, tests

1. Wprowadzenie

W ramach inicjatywy Narodowego Centrum Badań i Rozwoju pod nazwą IniTech w okresie od stycznia 2010 r. do grudnia 2014 r. konsorcjum obejmujące: Instytut Techniki Górniczej KOMAG (koordynator projektu), KOPEX Machinery S.A. oraz KOPEX Electric Systems S.A. zrealizowało projekt pt.: „Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju” (akronim INERG). Wynikiem projektu jest kombajn ścianowy KSW-800NE.

Przestrzanką do podjęcia projektu były analizy zasobów przemysłowych węgla w Polsce. Wynika z nich, że udział pokładów o grubości do 1,5 m stanowi 18,5% zasobów. Większość kopalń w Polsce posiada oprócz pokładów średnich i grubych również pokłady zaliczane do cienkich. Niestety, wydobywanie z tych ścian w Polsce jest znikome. Zatem opracowanie nowej generacji maszyny wydobywczej przeznaczonej do eksploatacji ścian niskich stało się pilną potrzebą.

2. Charakterystyka kombajnu

Kombajn ścianowy typu KSW-800NE (rys. 1) jest przeznaczony do dwukierunkowego mechanicznego urabiania i ładowania węgla w ścianowym systemie

eksploatacji bezwęgłowej, we współpracy z przenośnikiem ścianowym o szerokości trasy 850÷1100 mm z bezciągnowym układem posuwu systemu Eickotrack wszystkich odmian. Kombajn ma zwartą konstrukcję samonośną i umożliwia uzyskanie dużej wydajności dzięki posiadanym parametrom technicznym. W tabeli 1 podano podstawowe dane techniczne kombajnu.

Porównując parametry techniczne i gabaryty opracowanej maszyny z podobnymi kombajnami produkowanymi przez krajowych i światowych wytwórców stwierdzono, że kombajn KSW-800NE posiada najmniejszą wysokość i najmniejszą długość pomiędzy osiami organów, przy poziomo ustawionych ramionach co sprawia, że cechuje się on najwyższą koncentracją mocy w stosunku do wymiarów gabarytowych.

Bezstopniowa regulacja wysokości urabiania umożliwia wybieranie pokładów o zmiennej wysokości zalegania, w pokładach o nachyleniu podłużnym do 35° i nachyleniu poprzecznym do 20°.

Kombajn posiada samonośny korpus, w którym zabudowano wszystkie elementy zasilające, napędzające i wykonawcze maszyny. Ważnym aspektem, który uwzględniono podczas tworzenia projektowanej maszyny był jej transport do miejsca eksploatacji

(z uwagi na gabaryty i masę). Czynniki te wymusił podział kombajnu na odpowiednie zespoły (moduły) o zwartej konstrukcji i możliwie małych gabarytach. Ponieważ obszar sprzęgu poszczególnych modułów musi przenosić duże siły pochodzące od urabiania oraz posuwu maszyny, problem ten wymagał dokonania specjalistycznych badań modelowych i obliczeniowych.



Rys. 1. Widok kombajnu KSW-800NE [foto: KOMAG]

Charakterystyka techniczna kombajnu ścianowego typu KSW-800NE [5]

Tabela 1

Lp.	Parametr	Wartość
1.	Minimalna wysokości urabiania [m] Maksymalna wysokości urabiania [m]	1.4 ^{*/} 3.5 ^{*/}
2.	Maksymalna zainstalowana moc [kW] - napęd organów urabiających [kW] - napęd posuwu [kW] - napęd hydrauliki [kW]	766 2x300 2x75 2x8
3.	Napięcie zasilania [V]	3300
4.	Średnica organów urabiających [mm]	1350÷1800
5.	Zabior organów urabiających [mm]	800÷1000
6.	Siła posuwu [kN]	2x400
7.	Prędkość posuwu [m/min]	0÷30
8.	Wysokość minimalna	~1000
9.	Masa [t]	~46.0

* / - w zależności od konfiguracji kombajnu

Mając na uwadze zakładane przeznaczenie kombajnu do dwukierunkowego mechanicznego urabiania i ładowania węgla w pokładach zaliczanych do niskich, zastosowano dwa elektryczne zespoły napędowe, z których każdy wyposażony jest w dodatkowy układ hydrauliczny zasilający siłowniki układu podnoszenia ramion. Układ hydrauliczny zaprojektowano jako redundantny - przypadku uszkodzenia jednego z układów jego funkcję może przejąć drugi, po przesterowaniu odpowiedniego zaworu.

Do przekładni zębatej bocznej, bezpośrednio współpracującej z drabinką przenośnika zgrzeblowego, opracowano wymienne kadłuby. Uzyskano przez to trzy zakresy wysokości kombajnu pozwalające na eksploatację oprócz ścian niskich, również średnich, co zwiększa zakres zastosowań nowo opracowanej maszyny.

Wchodzące w skład zespołu urabiającego ramiona kombajnu (o oznaczeniu R350N) zaprojektowano w sposób umożliwiający zabudowę elementów instalacji zraszającej jako integralnej części ich kadłuba. Pozwoliło to na minimalizację gabarytów ramienia.

Ze względu na dużą zainstalowaną moc oraz ograniczoną przestrzeń wewnątrz komory olejowej ramienia, zastosowano instalację wymuszonego smarowania kół zębatych i przemywania wszystkich łożysk tocznych. Ramię R350N wyposażono w reflektor i kamerę wizyjną umożliwiające bieżącą kontrolę pracy.

Do redukcji zapylenia opracowano podwójny układ zraszania powietrzno-wodnego: zewnętrznego z ramienia i wewnętrznego z głowicy urabiającej kombajnu, za nożami. Ciśnienie mediów w obu układach jest zbliżone i nie jest większe od 0,7 MPa. Woda rozpylona sprężonym powietrzem, do postaci drobnych kropeł, skutecznie redukuje pył generowany przez organy urabiające. Dodatkowo, rozpylony strumień wytwarzany przez dysze posiada właściwości gaszące. Ograniczono zużycie wody w kombajnie, poprzez wykorzystanie wody chłodzącej do zasilania instalacji zraszającej.

Kombajn wyposażono w System Diagnostyki, Identyfikacji Elementów Maszyny i Obserwacji Warunków Pracy stanowiący istotną nowość w stosunku do dotychczasowych rozwiązań.

3. Innowacyjność rozwiązań

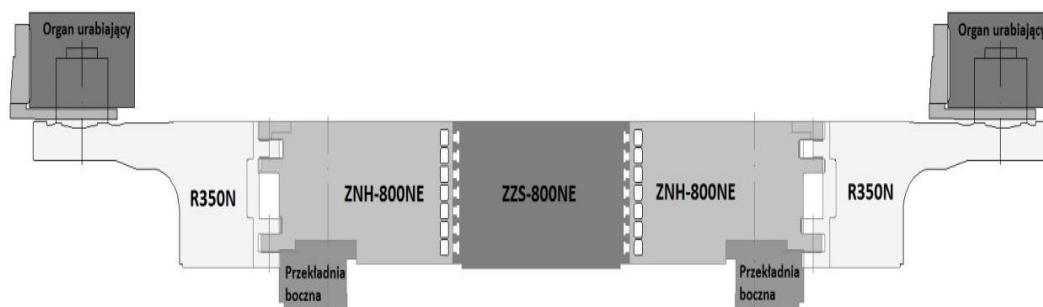
W toku realizacji projektu powstały innowacyjne rozwiązania o charakterze produktowym i procesowym.

3.1. Innowacje produktowe

Do innowacyjnych rozwiązań o charakterze produktowym należą:

Modułowa struktura kombajnu - kompaktowe połączenie zespołów ZNH-800NE i ZNS-800NE

Kombajn posiada samonośny korpus, w którym zabudowane są wszystkie elementy zasilające, napędzające i wykonawcze maszyny. Ważnym aspektem, który uwzględniono podczas tworzenia projektowanej maszyny był jej transport do miejsca eksploatacji (z uwagi na gabaryty i masę). Czynniki te wymusił podział kombajnu na odpowiednie zespoły (moduły) o zwartej konstrukcji i możliwie małych gabarytach (rys. 2).



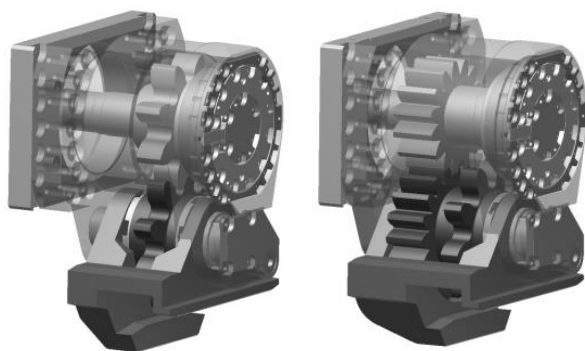
Rys. 2. Modułowa budowa kombajnu ścianowego KSW-800NE [5]

Opracowano nowy sposób połączenia ze sobą głównych zespołów kombajnu tj. ZNH-800NE i ZKS-800NE, który pozwala na ograniczenie przestrzeni zajmowanej przez elementy wchodzące w skład sprzęgu do minimum, a tym samym skrócenie maszyny. Dodatkowym atutem rozwiązania jest łatwy dostęp do elementów połączenia.

Przekładnia boczna z kołem bliźniaczym

W toku prac nad projektem kombajnu opracowano dwa typy przekładni bocznych: w wykonaniu standardowym oraz z kołem bliźniaczym (rys. 3). Zaletą rozwiązania zastosowanego w przekładni z kołem bliźniaczym jest znaczny spadek zużycia koła trakowego, które współpracuje jedynie z drabinką bezciężnowego systemu posuwu.

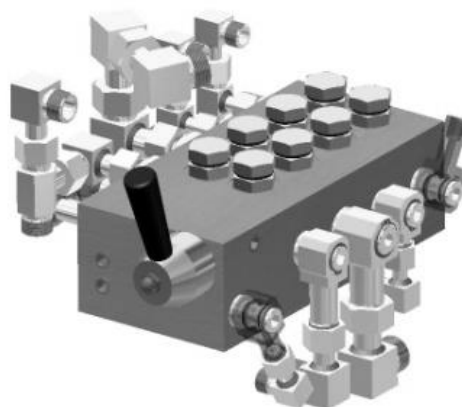
Zastosowanie dwóch, w pełni zamiennych typów przekładni bocznych pozwala na konfigurowanie kombajnu odpowiednio do warunków eksploatacyjnych ściany (niskiej lub średniej).



Rys.3. Model 3D przekładni bocznej w wykonaniu standardowym oraz z kołem bliźniaczym [5]

Układ hydrauliczny z wzajemną rezerwacją

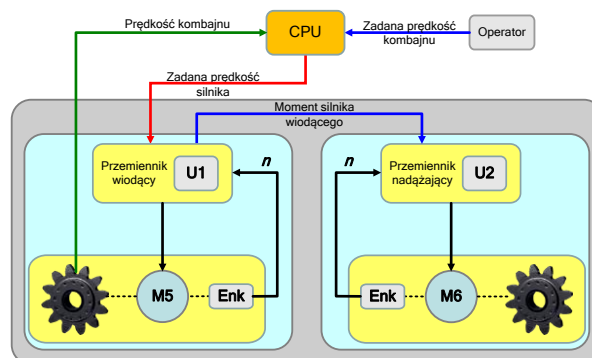
Układ hydrauliczny kombajnu podzielono na dwa, pracujące niezależnie układy, zamontowane symetrycznie w ciągniku lewym i prawym. Jego innowacyjność polega na zastosowaniu specjalnego zespołu zaworów przełączających (rys. 4). W przypadku awarii jednego z układów, funkcję może przejąć drugi, co zapewnia ciągłość procesu wydobywania.



Rys.4. Model 3D zespołu zaworów przełączających [5]

Kompaktowy zespół przemienników częstotliwości z oddawaniem energii do sieci

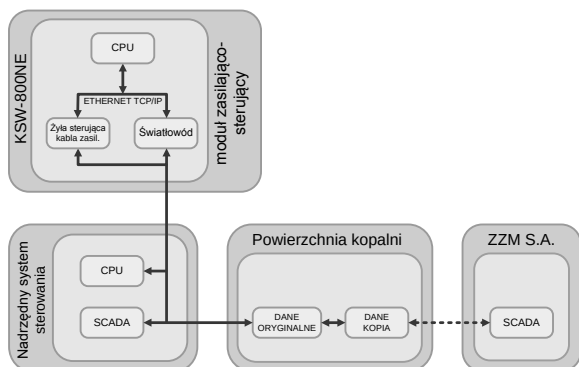
Kompaktowy zespół przemienników częstotliwości umożliwia zwrot energii do sieci podczas dynamicznego hamowania maszyny (rys. 5). Pozwala to na bardziej efektywną pracę układu posuwu podczas eksploatacji maszyny po upadzie, jak również podnosi jej bezpieczeństwo, dzięki skróceniu drogi hamowania kombajnu poruszającego się z pełną prędkością. Układ automatycznie realizuje funkcję wyrównywania momentów obciążenia obu ciągników, co zwiększa efektywność układu napędu posuwu oraz zmniejsza zużycie części mechanicznych zespołu napędowego.



Rys.5. Kompaktowy zespół przemienników częstotliwości z oddawaniem energii do sieci [4]

Dwukierunkowa transmisja danych z kombajnu

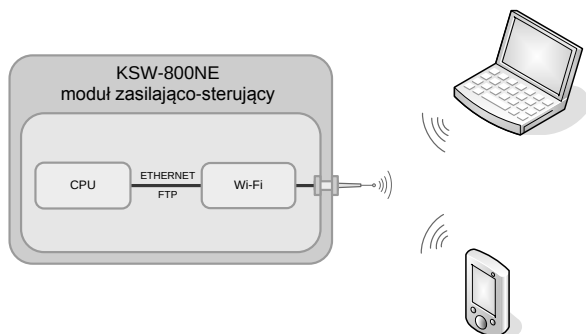
Kombajn KSW-800NE może być wyposażony w układ dwukierunkowej transmisji danych z kombajnu, z wykorzystaniem sieci Ethernet, w oparciu o łącza elektryczne i technikę światłowodową. Zastosowanie sieci Ethernet umożliwia przesłanie w krótkim czasie dużej ilości danych pomiędzy urządzeniami wchodzącymi w skład kompleksu ścianowego. Ponadto umożliwia monitorowanie procesu wydobywczego w centrum dyspozytorskim kopalni, a także wizualizację danych w dyspozytorii KOPEX Machinery S.A. (rys. 6). Umożliwia to wcześniejsze wykrycie nieprawidłowości pracy kombajnu przez służby serwisowe oraz prowadzenie wcześniejszych działań zapobiegawczych w celu uniknięcia awarii.



Rys.6. Sposób realizacji układu dwukierunkowej transmisji danych z kombajnu [5]

Komunikacja Wi-Fi

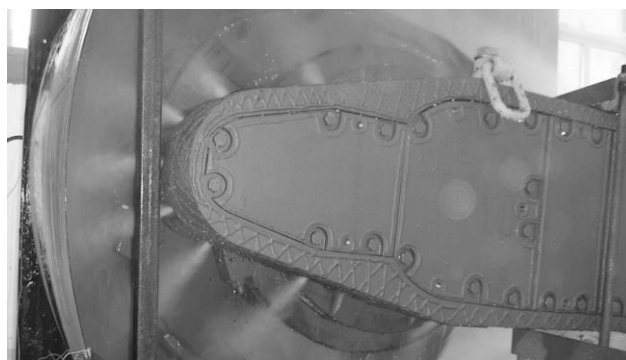
Kombajn KSW-800NE może być wyposażony w układ do bezprzewodowego odczytu danych z karty pamięci, parametryzacji oraz zmiany programu sterownika głównego kombajnu (rys. 7). Zastosowana technika Wi-Fi pozwala na dwukierunkową wymianę danych pomiędzy sterownikiem głównym kombajnu, a urządzeniem zewnętrznym, bez konieczności bezpośredniego dostępu do wnętrza modułu zasilająco-sterującego kombajnu. Takie rozwiązanie pozwala na ograniczenie wpływu niekorzystnego środowiska panującego w wyrobisku górniczym na żywotność poszczególnych podzespołów, a tym samym zwiększa ich niezawodność.



Rys.7. Układ bezprzewodowej wymiany danych kombajnu z urządzeniami zewnętrznymi [5]

Układ zraszania powietrzno-wodnego

Kombajn KSW-800NE może być wyposażony w instalację zraszania powietrzno-wodnego (rys. 8). Instalacja stanowi integralną część układu wodnego, zlokalizowanego w kadłubie oraz w ramionach kombajnu i umożliwia zraszanie trzema sposobami: mieszaniną powietrzno-wodną, wodą lub mieszaniną powietrzno-wodną i wodą. Podstawową zaletą zastosowanego rozwiązania jest uzyskanie skuteczniejszej, w stosunku do tradycyjnych metod, redukcji pyłu przy zachowaniu możliwości gaszenia ewentualnego zapalenia metanu. Zaletą jest też znaczne ograniczenie zużycia wody.



Rys.8. Zraszanie powietrzno-wodne kombajnu KSW-800NE [5]

Filtr samoczyszczący

Kombajn KSW-800NE wyposażono w podwójny filtr z automatycznym przepłukiwaniem zwrotnym strumieniem wody. Rozwiązanie to zapewnia ciągłą filtrację wody doprowadzonej do kombajnu, a tym samym przedłużenie żywotności urządzeń (wymenniki ciepła) zainstalowanych w maszynie i ograniczenie przestojów związanych z częstą wymianą wkładów filtrujących. Przepłukiwanie filtrów wstecznym strumieniem wody realizowane jest w cyklu automatycznym.

System Diagnostyki, Identyfikacji Elementów Maszyny i Obserwacji Warunków Pracy

Kombajn wyposażono w System Diagnostyki, Identyfikacji Elementów Maszyny i Obserwacji Warunków Pracy składający się z podsystemów:

- wibrodiagnostyki,
- obserwacji warunków pracy za pomocą kamer wizyjnych,
- diagnostyki kombajnu za pomocą kamery termowizyjnej,
- Interaktywnej Dokumentacji Techniczno-Ruchowej,
- Identyfikacji Elementów Maszyn.

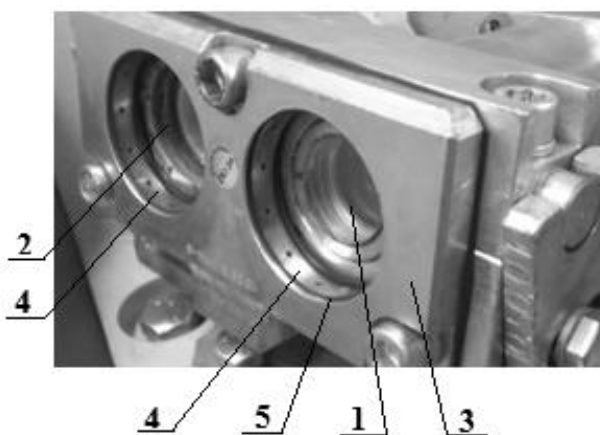
Opis systemu zamieszczono w [1, 3, 4, 7, 8, 11, 13].

System czyszczenia kamer

Kombajn KSW-800NE wyposażono w kamery wizyjne typu OKO oraz system przesyłu danych i sygnału

z kamer siecią światłowodową. Zainstalowanie kamer na kombajnie zwiększa bezpieczeństwo pracy ludzi obsługujących maszynę, a docelowo wraz z systemem automatyki na kombajnie umożliwi prowadzenie wydobywania z ograniczonym udziałem ludzi w ścianie i na jego zdalne sterowanie np. z chodnika podściannowego.

Środowisko pracy w kopalni, głównie zapylenie i wilgotność, skutecznie mogą wpływać na pogorszenie jakości obrazu przekazywanego z kamery. W związku z tym opracowano nowatorski system czyszczenia, w którym poprzez zastosowanie specjalistycznych pierścieni uzyskuje się poduszkę powietrzną przed soczewką kamery oraz reflektorem (rys. 9). Przeprowadzone testy wykazały skuteczność jego działania.



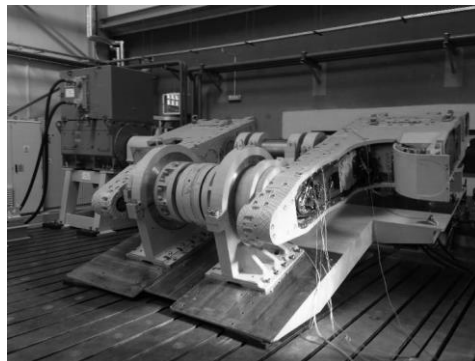
Rys.9. Reflektor oraz kamera z systemem czyszczącym:
1 - reflektor kolektor, 2 - obiektyw kamery,
3 - kolektor, 4 - pierścień powietrzny, 5 - uszczelnienie [6]

3.2. Innowacje procesowe

Prowadzone w projekcie prace rozwojowe były w całym zakresie wspomagane komputerowo (*innowacyjność procesowa*). Podstawowe zespoły kombajnu projektowane były w formie modeli trójwymiarowych, z których następnie generowane były rysunki złożeniowe i wykonawcze. Modele trójwymiarowe stanowiły podstawę do tworzenia wirtualnych prototypów kombajnu. Wirtualne prototypy były weryfikowane z zastosowaniem metod, takich jak: modelowanie geometryczne w systemach CAD (ang. *Computer Aided Design*), metoda elementów skończonych MES, analiza układów wielocłonowych MBS (ang. *Multibody Analysis Systems*), komputerowa mechanika płynów CFD (ang. *Computational Fluid Dynamic*), modelowanie cech antropometrycznych (ang. *Human Body Modeling*) [10, 11]. Scenariusze wirtualnego prototypowania przewidywały stany, w jakich znajdzie się rzeczywisty kombajn w procesie eksploatacji.

4. Badania stanowiskowe i eksploatacyjne

Powstała dokumentacja konstrukcyjna była podstawą wytworzenia prototypu i badań kombajnu. Ramiona badano na hamowni (rys. 10) znajdującej się w KOPEX Machinery S.A.



Rys. 10. Sprężona para ramion na stanowisku badawczym [2]

W układzie mocy zamkniętej zadawano cykle obciążenia zbliżone do stanów obciążenia panujących w warunkach rzeczywistych. Badano skuteczność chłodzenia przekładni zębatych w ramionach kombajnu. Monitorowany był rozpył olejowy wewnątrz ramienia przy różnych wartościach nachylenia ramienia oraz przy różnych wartościach momentu obrotowego obciążającego ramiona. Na hamowni badane były również ciągniki kombajnu.

Badania stanowiskowe systemu zraszania objęły:

- rozkład frakcyjny strugi powietrzno-wodnej dysz zraszających. Była to jednocześnie weryfikacja modeli obliczeniowych zastosowanych uprzednio w wirtualnym prototypowaniu dysz,
- poprawność działania regulatora przepływu wody,
- rozkład strugi powietrzno-wodnej, zasięg oraz jakość rozpylenia mieszaniny wody i powietrza dla całej instalacji zraszającej.

W Kopalni Doświadczalnej „Barbara” Głównego Instytutu Górnictwa badano skuteczność ograniczenia zapłonu metanu z wykorzystaniem instalacji zraszającej (rys. 11). Próby zostały przeprowadzone na specjalnie zaprojektowanym i zbudowanym stanowisku obejmującym model ociosu wyrobiska ścianowego oraz ramię kombajnowe wraz z organem, zamontowane na specjalnej ruchomej platformie [8].



Rys. 11. Próba gaszenia zapłonu gazu [9]

Na stanowiskach zbudowanych w hali montażowej w KOPEX Machinery S.A. badane były niektóre składniki Systemu Diagnostyki, Identyfikacji Elementów Maszyny i Obserwacji Warunków Pracy. Sprawdzono poprawność działania enkodera włączającego kamerę termowizyjną w określonym miejscu ściany na stanowisku zabudowanym na przenośniku zgrzeblowym. Na tym stanowisku sprawdzono również przepływ informacji pomiędzy czujnikami podsystemu wibrodiagnostyki, a stacją roboczą KOMAG, przewidzianą do zainstalowania w pociągu aparaturowym w chodniku.

Za pomocą kamery termowizyjnej w wykonaniu przeciwwybuchowym dokonano pomiarów rozkładu temperatur na nożach skrawających, których celem było zebranie informacji potrzebnych do opracowania oprogramowania do analizy rozkładu temperatur na nożach skrawających.

Zainstalowany, w kopalni węgla kamiennego Staszic Ruch Boże Dary, prototyp kombajnu, w okresie od 01.2014 r. do 11.2014 r., przeszedł badania eksploatacyjne. Kombajn wchodził w skład kompleksu w pokładzie 334/2, w ścianie 25. Podstawowe parametry ściany:

- długość 175 m,
- wysokość do 1,8 m,
- nachylenie podłużne do 12⁰,
- nachylenie poprzeczne do 10⁰,
- wytrzymałość na ściskanie urabianego węgla 20 MPa.

W ścianie występowały zagrożenia:

- IV kategoria zagrożenia metanowego,
- klasa A zagrożenia pyłowego,
- I stopień zagrożenia wodnego.

Zaobserwowano przerosty kamienia dochodzące nawet do 90%. Prowadzenie prób eksploatacyjnych w tak trudnych warunkach geologiczno-górnich umożliwiło rzetelne sprawdzenie i potwierdzenie słuszności przyjętych założeń konstrukcyjnych [6].

W warunkach rzeczywistej eksploatacji badano nie tylko cechy użytkowe kombajnu, ale również System Diagnostyki, Identyfikacji Elementów Maszyny i Obserwacji Warunków Pracy, oraz system zraszania [12]. Sprawdzono między innymi:

- transmisję danych pomiędzy czujnikami podsystemu wibrodiagnostyki, a stacją roboczą KOMAG zainstalowaną w pociągu aparaturowym w chodniku,
- automatyczne włączanie się kamery termowizyjnej przy określonej sekcji obudowy zmechanizowanej,
- skuteczność redukcji zapylenia,
- system identyfikacji elementów kombajnu (RFID),
- funkcjonalność podsystemu Interaktywnej Dokumentacji Techniczno-Ruchowej zainstalowanej na komputerze pokładowym kombajnu i na stacji roboczej KOMAG.

Badania eksploatacyjne poprzedzono szkoleniami pracowników kopalni przewidzianych do obsługi kombajnu.

Przeprowadzone badania pozwoliły na zebranie bogatego materiału badawczego w postaci zarejestrowanych danych, a także w raportów z obserwacji pracy kombajnu podczas wybranych zmian wydobywczych. Na ich podstawie dokonano oceny prawidłowości przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych, zdolności i możliwości przeciążania napędów oraz określono podstawowe parametry eksploatacyjne. Bogaty materiał badawczy pozwolił na wyciągnięcie wniosków dotyczących dalszego rozwoju kombajnu KSW-800NE.

5. Podsumowanie

Aktualnie branża górnicza konsekwentnie podąża w kierunku pełnej automatyzacji kompleksów, precyzyjnej diagnostyki oraz prostej obsługi. Oprócz osiągania korzystnych wskaźników ekonomicznych, pozwala to na zwiększenie bezpieczeństwa pracy załogi. Kombajn KSW-800NE stanowi przykład nowoczesnej maszyny, która wpisuje się w ten trend rozwojowy maszyn górniczych. Rozwiązanie cechują takie innowacje produktowe, jak: modułowa struktura kombajnu, przekładnia boczna z kołem bliźniaczym, redundantny układ hydrauliczny, kompaktowy zespół przemienników częstotliwości z oddawaniem energii do sieci, dwukierunkowa transmisja danych z kombajnu, komunikacja Wi-Fi, układ zraszania powietrzno-wodnego, samoczyszczący filtr. Maszynę wyposażono w System Diagnostyki, Identyfikacji Elementów Maszyny i Obserwacji Warunków Pracy stanowiący istotną nowość w stosunku do dotychczasowych rozwiązań. Wyniki przeprowadzonych badań stanowiskowych i eksploatacyjnych prototypu kombajnu upoważniają do pozytywnej oceny przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych, określenie podstawowych parametrów eksploatacyjnych (w tym zdolności i możliwości przeciążania napędów) oraz wyciągnięcie wniosków dotyczących dalszego rozwoju kombajnu.

Literatura

1. Bartoszek S., Jagoda J., Jasiulek D., Jura J., Latos M., Stankiewicz K.: System wibrodiagnostyczny maszyn górniczych. [w:] Monografia: KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 347-363.
2. Gasiniec P.: Badania stanowiskowe prototypu maszyny wydobywczej. Sprawozdanie badań ramion R350N. Raport w projekcie INERG: W-ZZM Z.6.7/R350N Wydanie 1. Zabrze, luty 2014 (nie publikowane).

-
3. Jaszczuk Ł., Michalak D., Rozmus M.: Rozwiązania mobilne wspomagające utrzymanie ruchu kombajnów ścianowych. [w:] Monografia: KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 85-100.
 4. Kostka M., Krzak Ł., Gawliński A., Jasiulek D., Latos M., Rogala-Rojek J., Stankiewicz K., Bartoszek S., Jendrysik S., Jura J.: Systemy monitoringu, diagnostyki i sterowania maszyn górnictwa. *Maszyny Górnicze* nr 3, 2015 s.
 5. Marcińczyk M., Kozłowski J.: Kombajn ścianowy typu KSW-800NE, maszyna do wybierania pokładów niskich i średnich. [w:] Monografia: KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 71-84
 6. Marcińczyk M., Kozłowski J.: Badania kombajnu ścianowego typu KSW-800NE prowadzone w ramach projektu INERG. [w:] Monografia: KOMTECH 2014, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2014 s. 365-372.
 7. Polnik B., Latos M.: Detection of worn cutting bits of longwall shearer. Detekcja zużytych noży tnących kombajnu ścianowego. *Pomiary Automatyka. Kontrola* 2013 nr 9 s. 909-912.
 8. Polnik B., Budzyński Z., Latos M.: Innowacyjne rozwiązanie diagnostyki wybranych zespołów kombajnu ścianowego z zastosowaniem termowizji. [w:] Monografia: KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 365-376.
 9. Prostański D., Bałaga D., Siegmund M.: Badania cech użytkowych instalacji zraszania powietrzno-wodnego kombajnu KSW-800NE. [w:] Monografia: KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 211-224.
 10. Tokarczyk J.: Zastosowanie rozproszonego środowiska programowego w prototypowaniu maszyny górnictwa. *Przegląd Górniczy* nr 10, 2012 s. 19-25.
 11. Winkler T., Rozmus M.: Prace rozwojowe nad kombajnem ścianowym do urabiania pokładów niskich prowadzone w ramach IniTech. [w:] Monografia: KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 53-69.
 12. Winkler T., Bartoszek S., Jaszczuk Ł., Latos M., Polnik B., Prostański D., Rogala-Rojek J., Rozmus M.: Badania eksploatacyjne wybranych podsystemów kombajnu KSW-800NE. [w:] Monografia: KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2014 s. 373-391.
 13. Winkler T., Drwięga A.: Nowe rozwiązania inteligentnych maszyn dla górnictwa. *Maszyny Górnicze* nr 3, 2015 s.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

Innowacyjna hydrauliczna obudowa dla ratownictwa górniczego

Streszczenie

W artykule omówiono rodzaje obudowy stosowanej w ratownictwie górniczym. Przedstawiono innowacyjne rozwiązania nowej obudowy dla ratownictwa górniczego, jak również możliwości zastosowania jej elementów w ratownictwie technicznym.

Summary

Types of roof supports used in the mine rescue actions are discussed. Innovative solutions of new roof supports for mine rescue work and possibilities of using its components in technical rescue are presented.

Słowa kluczowe: ratownictwo górnicze, obudowa ratownicza

Keywords: mine rescue work, rescue support

1. Wprowadzenie

Eksploatacja ściany wydobywczej jest możliwa dzięki wcześniejszemu wykonaniu wyrobisk korytarzowych. To właśnie tymi wyrobiskami możliwe jest dotarcie do zasobów węgla, uzbrojenie ściany i transport urobku. Podczas prowadzenia normalnych prac górniczych może dojść do zdarzeń, których wynikiem jest zniszczenie wyrobiska korytarzowego, poprzez jego znaczne zaciśnięcie od stropu, bądź wypiętrzenie spągu. W takich przypadkach zdarza się uwięzienie ludzi w dalszej części wyrobiska korytarzowego lub w dalej położonej ścianie. W zniszczonym odcinku wyrobiska korytarzowego może znajdować się rumowisko skalne, części obudowy chodnikowej oraz elementy maszyn. Dotarcie do uwięzionych ludzi wiąże się z koniecznością wykonania w rumowisku tzw. chodnika ratowniczego, o gabarytach pozwalających na przejście ratownika wraz z poszkodowanym. Chodnik ratowniczy powinien być zabezpieczony obudową zapewniającą bezpieczeństwo prowadzącym akcję ratowniczą i poszkodowanym. Obudowa chodnika ratowniczego powinna charakteryzować się przy tym prostą konstrukcją, umożliwiającą szybki montaż, niską masą i dostateczną wytrzymałością. Chodnik ratowniczy może być prowadzony w bardzo różnych warunkach górniczo-geologicznych, w otoczeniu różnego rodzaju skał o zmiennym rozdrobnieniu. Może wystąpić konieczność prowadzenia chodnika przez lokalną pustkę, co stwarza zagrożenie uderzeniami opadających skał. Chodnik ratowniczy może mieć zmienny kształt i kierunek, uzależnione od rodzaju gruzowiska, w którym jest prowadzony, obecności elementów zniszczonej obudowy chodnikowej i obecności elementów maszyn lub urządzeń.

2. Rodzaje obudowy stosowanej w ratownictwie górniczym

Podstawowym rodzajem obudowy chodnikowej stosowanej w ratownictwie górniczym jest obudowa prosta drewniana. Pojedyncze jej odrzwia składają się ze stropnicy i stojaków ją podpierających. Elementy obudowy są przygotowywane na bieżąco w czasie akcji ratowniczej. Jej zaletą jest łatwość dobrania długości podstawowych elementów do lokalnych gabarytów drążonego chodnika, stosunkowo niewielka masa elementów oraz dostępność odpowiedniego drewna. Wadą jest natomiast brak możliwości zadania podpomości wstępnej, co może skutkować niestabilnym zachowaniem odrzwi obudowy, oraz konieczność starannego przygotowania końców stojaków mających bezpośredni kontakt z belką stropnicową. Ze względów wytrzymałościowych jest to najmniej zoptymalizowana wersja obudowy chodnikowej. O wytrzymałości odrzwi decyduje wytrzymałość na zginanie belki stropnicowej, natomiast stojaki, dla zapewnienia prawidłowej współpracy, dobierane są o średnicy zbliżonej do średnicy belki stropnicowej. Skutkiem takiego działania podporność stojaków przewyższa wytrzymałość stropnicy około dziesięciokrotnie [3].

W celu wyeliminowania wad obudowy drewnianej podjęto prace nad elementami obudowy prostej, wykonanymi ze stali i stopów lekkich. Jedną z pierwszych tego typu konstrukcji była obudowa firmy Salzgitter-Dowty, składająca się ze stropnicy wykonanej ze stopu aluminium o podwyższonej wytrzymałości oraz stojaków z pompą wewnętrzną, częściowo wykonanych ze stopu aluminium (rys. 1). Elementy tej obudowy do dnia dzisiejszego znajdują się na wyposażeniu ratowników górniczych, lecz ich

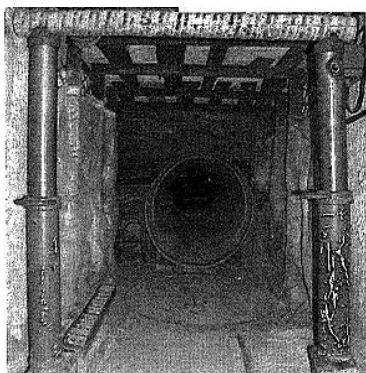
zastosowanie musi być zawsze poprzedzone dokładnym rozeznaniem składu powietrza w miejscu zastosowania. Wiadomo bowiem, że kontakt zardzewiałej stali z aluminium może powodować wytworzenie iskry zapalającej.



Rys. 1. Odrzwia obudowy chodnika ratowniczego ze stojakami firmy Salzgitter-Dowty [2]

Podporność robocza pojedynczego stojaka Salzgitter wynosi około 250 kN, natomiast niewiele niższa jest jego podporność wstępna, ze względu na zastosowanie dwustopniowego układu pompowego. Stojak ten nie jest jednak odporny na obciążenie dynamiczne ze względu na zastosowanie zaworu przelewowego o bardzo małym możliwym natężeniu przepływu. Z powodu długiego okresu użytkowania występują duże problemy w utrzymaniu sprawności tych stojaków.

Pewnym uzupełnieniem zasobów stacji ratowniczych odnośnie stojaków Salzgitter były zaprojektowane w 1986 roku, w Głównym Instytucie Górnictwa, stojaki RSH-1 wyposażone również w zamknięty, wewnętrzny obieg medium hydraulicznego i własną pompę. Podporność robocza tych stojaków wynosi 200 kN, natomiast podporność wstępna około 70 kN. Ze względu na niską podporność roboczą stojaki te stosowano przeważnie ze stropnicą drewnianą (rys. 2).



Rys. 2. Odrzwia obudowy chodnika ratowniczego ze stojakami RSH-1 [3]

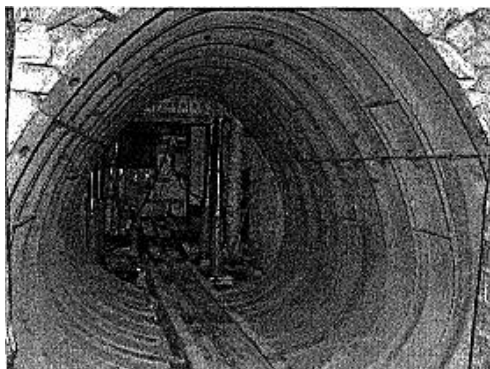
Kolejnym rozwiązaniem obudowy, w której zastosowano stojaki z pompą wewnętrzną i zamknięty obieg medium roboczego, była konstrukcja K-400 opracowana w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, w 2003 roku (rys. 3).



Rys. 3. Odrzwia obudowy chodnika ratowniczego K-400 [1]

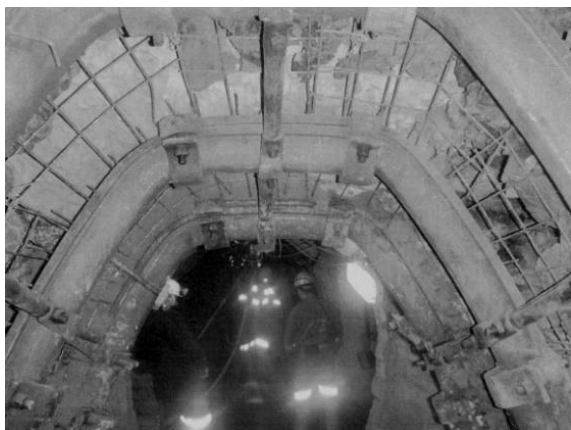
Elementy obudowy zostały wykonane w znacznej części ze stopu aluminium o dużej wytrzymałości (PA9), stropnica w całości, a stojak z pominięciem elementów zaworowych. Mimo zastosowania specjalnej powłoki ochronnej, ze względu na materiał konstrukcyjny, obudowa nie weszła do produkcji i na wyposażenie stacji ratownictwa górniczego. Podporność robocza stojaka wynosi 380 kN, natomiast bardzo niska jest podporność wstępna, ze względu na zastosowany jednostopniowy układ pompowy. Obudowa ta jest najbardziej kompletna, gdyż jako pierwsza została wyposażona w specjalne stropnice wzdlużne, ułatwiające postęp wykonywanego chodnika oraz w układ stabilizacji stojaków i stropnic, przewidziany do stosowania przy przechodzeniu przez pustki.

Innym typem konstrukcji jest, zaprojektowana w 1981 roku w ITG KOMAG, obudowa tubingowa (rys. 4). Stosowana jest głównie w sytuacji występowania skał o niskiej zwięzłości. Obudowa ta chroni również chodnik przed bezpośrednim wpływem gazów z otaczających skał i dzięki swej szczelności ułatwia przewietrzanie chodnika.



Rys. 4. Obudowa tubingowa zabudowana w chodniku [8]

W ratownictwie górnictwie stosowane są również odrzwia obudowy chodnika wykonane z kształtowników typu V, używanych do ochrony większości wyrobisk korytarzowych w kopalniach. Z takiego właśnie kształtownika Huta Łabędy wykonała w 1999 r. odrzwia obudowy ŁPrP/4 (rys. 5) o małym przekroju, przydatną do zabudowy chodników ratowniczych, w warunkach stabilnych skał otaczających.



Rys.5. Obudowa chodnikowa typu ŁPrP/4 [8]

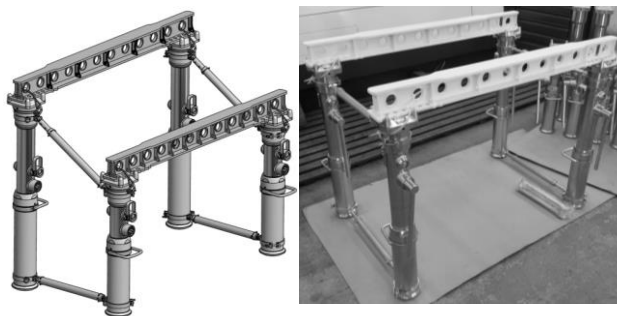
W 2005 roku Centralna Stacja Ratownictwa Górniczego zamówiła specjalną obudowę ratowniczą typu KR-7,8 (rys. 6). Odrzwia tej obudowy składają się z dwóch stojaków hydraulicznych zasilanych z zewnętrznej pompy oraz stropnicy. Całość wykonana jest ze stali, a stojaki wyposażono w przedłużacze śrubowe. Zasilanie stojaków z zewnętrznego źródła pozwala na ich użytkowanie nie tylko do podpierania stropu, ale również do przesuwania różnych elementów lub ich wyciągania z gruzowiska (np. zniszczonych elementów obudowy chodnikowej). Stropnica posiada poprzeczne otwory ułatwiające mocowanie elementów obudowy wyprzedzającej. Stojaki wyposażono w gniazda do ich łączenia w sąsiednich odrzwiach za pomocą specjalnych rozpór. Stosowanie obudowy jest w tym przypadku uzależnione od dostępu do medium hydraulicznego.



Rys. 6. Obudowa chodnikowa typu KR-7,8 zabudowana w chodniku [8]

3. Innowacyjne rozwiązania zastosowane w nowej obudowie dla ratownictwa górnictwa

W 2012 r. w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG podjęto prace nad kompleksowym wyposażeniem ratowników górniczych w nowoczesne urządzenia poprawiające ich warunki pracy i bezpieczeństwo. Prace są realizowane w ramach projektu europejskiego INREQ. Prace nad obudową rozpoczęto od uzgodnienia ze specjalistami z Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego podstawowych jej parametrów technicznych i funkcjonalnych. W wyniku realizacji projektu powstała obudowa ratownicza HOR-01 (rys. 7), wyposażona w stropnice wykonane z wysokowytrzymałej stali, stojaki hydrauliczne z własną pompą wewnętrzną i zamkniętym obiegiem medium hydraulicznego (SHR-700 i SHR-960), układ stabilizacji sąsiednich odrzwi oraz elementy przeciwdziałające odrywaniu stropnicy od głowicy koronowej stojaka, w przypadku braku obciążenia stropnicy.



Rys. 7. Obudowa ratownicza HOR-01 (model komputerowy i obiekt rzeczywisty) [Źródło: opracowanie własne KOMAG]

Podstawowe parametry techniczne obudowy HOR-01 przedstawiono w tabeli 1.

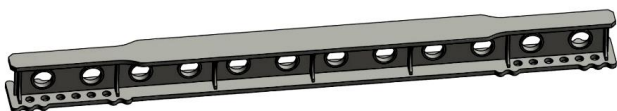
Charakterystyka techniczna obudowy ratowniczej HOR-01 [5]

Tabela 1

Parametr	Wartość	Jednostka
Długość stropnicy	1300	mm
Wysokość ze stojakiem SHR-700	800÷1100	mm
Wysokość ze stojakiem SHR-960	1060÷1400	mm
Rozstaw stojaków (osi stojaków)	720÷1140	mm
Podporność wstępna	do 300	kN
Podporność robocza	600	kN
Ciśnienie robocze stojaka	47	MPa
Masa stropnicy	20	kg
Masa zespołu stabilizatorów	13	kg
Masa ze stojakiem SHR-700	93	kg
Masa ze stojakiem SHR-960	103	kg
Temperatura stosowania	-15 ÷ +50	°C
Medium robocze	HYDROMIL SUPER L-HV 32, HYDRAX HLP 32, HYDROL L-HM/HLP 32	

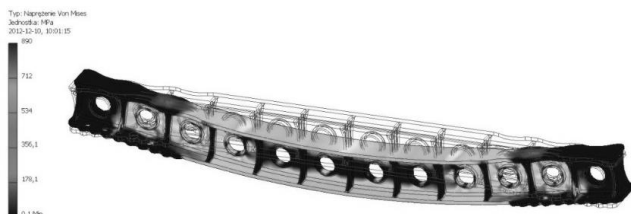
Obudowa może być stosowana w rejonach zagrożonych i niezagrożonych wstrząsami górotworu, a także w wyrobiskach zagrożonych wybuchami gazów i pyłów.

W konstrukcji obudowy zastosowano szereg rozwiązań mających na celu uzyskanie wysokiej funkcjonalności kompletnej obudowy i jej elementów. Blachy nośne stropnicy (rys. 8) wykonano z wysokowytrzymałej stali. Blachy mniej wyęteżone wykonano z gatunków o niższej granicy plastyczności. Zastosowano połączenie materiałów o granicy plastyczności od 355 MPa do 1100 MPa.



Rys. 8. Stropnica obudowy ratowniczej HOR-01
[Źródło: opracowanie własne KOMAG]

Kształt stropnicy został zoptymalizowany pod względem wytrzymałościowym i funkcjonalnym. Budowa stropnicy wyraźnie wskazuje zalecany obszar jej współpracy z głowicami stojaków. Ten fragment stropnicy ułatwia jej pozycjonowanie na stojaku i wstępnie stabilizuje stropnicę względem stojaka. W otwory wykonane w środku stropnicy mogą być wsuwane pręty ułatwiające wyprzedzające podparcie i zabezpieczenie stropu drążonego chodnika. Cała stropnica cechuje się niskim profilem, wynoszącym 100 mm i niską masą, wynoszącą 20 kg, przy bardzo wysokiej nośności. Ostateczna, przyjęta do realizacji wersja konstrukcyjna jest wynikiem szczegółowych analiz numerycznych z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES) (rys. 9).



Rys. 9. Mapa naprężenia zredukowanego w modelu dyskretnym stropnicy [Źródło: opracowanie własne KOMAG]

Stropnica została również poddana kompleksowym laboratoryjnym badaniom wytrzymałościowym (rys. 10).



Rys. 10. Stropnica podczas prób wytrzymałościowych
[Źródło: opracowanie własne KOMAG]

Drugim, równie istotnym zespołem obudowy ratowniczej jest stojak hydrauliczny. Jest to stojak indywidualny, z własną pompą wewnętrzną i wewnętrznym zbiornikiem cieczy roboczej (rys. 11). Podstawowe parametry techniczne stojaków przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 11. Stojaki hydrauliczne obudowy HOR-01
[Źródło: opracowanie własne KOMAG]

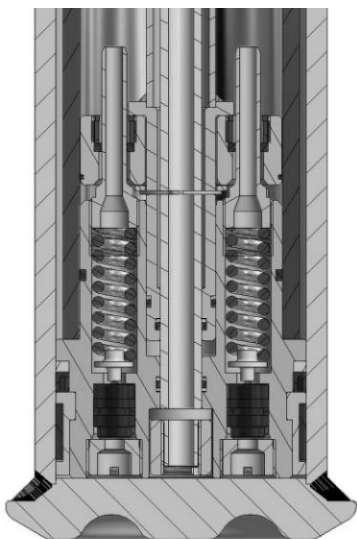
Charakterystyka techniczna stojaków SHR-700 i SHR-960 [6]

Tabela 2

Parametr	Wartość		Jednostka
	SHR-700	SHR-960	
Długość minimalna	700	960	mm
Długość maksymalna	1000	1300	mm
Ciśnienie wstępne	24	24	MPa
Ciśnienie robocze	47	47	MPa
Podporność wstępna	150	150	kN
Podporność robocza	300	300	kN
Skok hydrauliczny	300	340	mm
Masa	30	35	kg
Objętość medium roboczego	2,05	2,3	l
Temperatura stosowania	-15 ÷ +50	-15 ÷ +50	°C
Medium robocze	HYDROMIL SUPER L-HV 32, HYDRAX HLP 32, HYDROL L-HM/HLP 32		

Stojak przygotowano w dwóch wariantach długości - SHR-700 i SHR-960. We wnętrzu stojaka zastosowano innowacyjne rozwiązania. W celu uzyskania wysokiej odporności na obciążenie dynamiczne zastosowano dwa zawory przelewowe,

ograniczające podporność roboczą (rozwiązanie chronione zgłoszeniem patentowym). Zawory te umieszczono bezpośrednio w tłoku (rys. 12), uzyskując szybką ich reakcję i skuteczność działania.



Rys. 12. Zawory zabezpieczające stojak przed przeciążeniem
[Źródło: opracowanie własne KOMAG]

W układzie pompowym napędzanym dźwignią ręczną zastosowano dwa stopnie hydrauliczne. Pierwszy stopień pompy pozwala na szybkie wysunięcie rdzennika na wymaganą długość, natomiast drugi zapewnia uzyskanie podporności wstępnej na poziomie 150 kN. Wielkość podporności wstępnej jest ograniczona zaworem przelewowym układu pompowego. Działanie obu stopni pompy wybierane jest automatycznie. Przy niskim obciążeniu stojaka działa tłok pierwszego stopnia, a gdy obciążenie wzrasta (oparcie stojaka o strop) samoczynnie uruchamia się drugi stopień. Obie wersje długościowe stojaka poddano badaniom laboratoryjnym, statycznym i dynamicznym (rys. 13), które potwierdziły spełnienie założonych parametrów wytrzymałościowych i funkcjonalnych.



Rys. 13. Stojak SHR-960 podczas badań statycznych i dynamicznych [źródło: opracowanie własne KOMAG]



Komplet obudowy wyposażony jest w stabilizatory odrzwi umożliwiające ustawianie odrzwi bez kontaktu ze stropem i wstępnego rozparcia stojaków. Pojedynczy stabilizator składa się z dwóch obejm zakładanych na stojaki sąsiednich odrzwi i łącznika tych obejm, o zmiennej długości (rys. 14). Długość łącznika regulowana jest w zakresie 427 do 997 mm, z krokiem 30 mm. Ponadto stropnica może zostać przypięta do głowicy koronowej stojaka uniwersalną opaską zaciskową, co zapobiega jej oderwaniu od głowicy koronowej stojaka po uderzeniu skały w nierozparte odrzwia obudowy.



Rys. 14. Stabilizator odrzwi obudowy HOR-01 [Źródło: opracowanie własne KOMAG]

Konstrukcję obudowy poddano procesowi certyfikacji. Uzyskane certyfikaty zgodności nr TEST/16/CZ/2014 i TEST/17/CZ/2014 stwierdzają spełnienie przez obie wersje stojaków i kompletną obudowę wymogów następujących norm:

- PN-EN 1127-2:2014 - Atmosfery wybuchowe - Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem - Część 2: Pojęcia podstawowe i metodologia dla górnictwa,
- PN-EN 13463-1:2010 - Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem - Część 1: Podstawowe założenia i wymagania,
- PN-EN 13463-5:2012 - Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem - Część 5: Zabezpieczenie za pomocą bezpieczeństwa konstrukcyjnego "c",
- PN-EN ISO 4413:2011 - Napędy i sterowania hydrauliczne - Ogólne zasady i wymagania bezpieczeństwa dotyczące układów i ich elementów,
- PN-EN ISO 12100:2012 - Bezpieczeństwo maszyn - Ogólne zasady projektowania - Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka,
- PN-G-15536:2013 - Górnicza obudowa indywidualna - Stojaki hydrauliczne centralnie zasilane.

Po uzyskaniu certyfikatów zgodności, które pozwalają na stosowanie obudowy w każdych warunkach, przystąpiono do testów „in situ” w chodniku badawczym Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego w Bytomiu (rys. 15). Testy potwierdziły przyjęte założenia, a zwłaszcza łatwość montażu odrzwi, funkcjonalność układu pompowego oraz skuteczność układu stabilizacji.



Rys. 15. Obudowa ratownicza HOR-01 w chodniku badawczym [7]

4. Możliwości zastosowania elementów obudowy HOR-01 w ratownictwie technicznym

Nie tylko w warunkach górnictwa podziemnego występują zdarzenia wymagające podjęcia akcji ratowniczej. W ostatnich latach wiele było przypadków katastrof technicznych, budowlanych lub naturalnych, np. katastrofa hali wystawienniczej w Katowicach w 2006 roku, w której zginęło 65 osób czy trzęsienie ziemi w Nepalu w 2015 roku, które pochłonęło kilka tysięcy ofiar. W tego typu katastrofach często zachodzi potrzeba podparcia lub uniesienia elementów konstrukcyjnych zawalonych obiektów w celu dotarcia do ofiar uwięzionych pod gruzami. W tych przypadkach często nie ma możliwości użycia narzędzi z zasilaniem wymagającym dostarczenia energii zewnętrznej (elektryczne, hydrauliczne lub pneumatyczne). W takiej sytuacji stojak SHR obudowy ratowniczej HOR-01 może być niezastąpiony. Dysponuje wysoką podpornością roboczą, wysoką podpornością wstępną, a przede wszystkim łagodnym zadawaniem podporności wstępnej, co ma duże znaczenie przy współpracy z materiałami kruchymi.

Podobna sytuacja może wystąpić również w ratownictwie drogowym lub kolejowym w przypadku konieczności łagodnego uniesienia elementu pojazdu bądź infrastruktury technicznej. Również tutaj może nie być możliwości zastosowania narzędzi z zasilaniem zewnętrznym, np. z uwagi na możliwości zapłonu rozlanego środka łatwopalnego.

Twórcy konstrukcji obudowy ratowniczej HOR-01 przewidują możliwości zastosowania, zwłaszcza jej stojaków, w trakcie akcji ratowniczych w górach lub jaskiniach. Znane są przypadki opadu skał o znacznej masie, przyniatających ludzi bądź zagrażających dostęp ratowników do poszkodowanych. W ratownictwie górskim i speleologicznym najważniejszą cechą sprzętu

ratowniczego może okazać się własne, niezależne zasilanie hydrauliczne.

Stojaki SHR obudowy ratowniczej HOR-01 powinny pracować w pozycji zbliżonej do pionowej. Odchylenie stojaka podczas rozpierania powyżej 15 stopni od pionu może umożliwić jego zapowietrzenie. Nie stanowi to zagrożenia bezpieczeństwa użytkowania stojaka, lecz może zmniejszyć skuteczność zadawania podporności wstępnej (aktywnej). Pełne przystosowanie stojaka do ratownictwa technicznego powinno polegać na umożliwieniu pracy stojaka w każdej pozycji. Twórcy konstrukcji podjęli zatem już prace w tym kierunku.

5. Podsumowanie

Polskie służby ratownicze dysponują szeregiem typów obudowy ratowniczej o bardzo różnych parametrach technicznych. Najbardziej popularne i stosowane w większości akcji, polegających na budowie chodnika ratowniczego, są stojaki Salzgitter. Są to stojaki stare, często nie utrzymujące już założonych parametrów technicznych, ze względu na zużycie techniczne. Jedną z większych wad tych stojaków jest niezabezpieczona powierzchnia ze stopu aluminium, która może być przyczynkiem wybuchu. Kolejną wadą jest nieodporność na obciążenia dynamiczne spowodowane zastosowaniem zaworu przelewowego o bardzo małym przepływie, umieszczonego w strefie hydraulicznej stojaka, w której może nie nastąpić dynamiczny wzrost ciśnienia. Dopływ cieczy roboczej z przestrzeni podłokowej stojaka do zaworu przelewowego jest realizowany bowiem przez układ rurek i kanalików o niewielkim przekroju.

Powyższych wad pozbawiona jest obudowa ratownicza HOR-01. Ratownicy otrzymują stojaki o masie bardzo zbliżonej do masy stojaków Salzgitter, ale o wyższej podporności roboczej i z certyfikatem bezpieczeństwa użytkowania w atmosferze wybuchowej. Stojaki uzupełnione o dedykowane stropnice o dużej podporności i stosunkowo niewielkiej masie oraz dedykowany układ stabilizacji, stanowią nową jakość wśród typów ratowniczej obudowy górnictwa podziemnego.

Obudowa ratownicza HOR-01 została wdrożona do produkcji. Wyprodukowano już pierwszy komplet pilotowy w liczbie 12 odrzwi. Producentem jest firma Herkules Sp. z o.o. z Rydułtów.

Literatura

1. Kalukiewicz A., Kwieciński D.: Ratownicza obudowa hydrauliczna wykonana ze stopów lekkich. Prace Naukowe - Monografie CMG KOMAG nr 4, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice 2004.

-
2. Mazurek K.: Koncepcja poprawy bezpieczeństwa stanowiskowego w tunelu ratowniczym. Przegląd Górniczy 2012, nr 12, s. 92-99.
 3. Nowak A., Paczeński K., Obudowy chodników ratowniczych stosowane w polskim górnictwie. W: Nowoczesne metody i środki utrzymania wyrobisk górniczych, Konferencja naukowo-szkoleniowa, Ustroń, 1-2 czerwca 2006 r. Prace Naukowe GIG, Konferencje. 2006 nr 51, s. 120-128.
 4. Poradnik górnika: praca zbiorowa. T.2, Cz.1 - Katowice: Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze, 1959.
 5. Instrukcja. Hydrauliczna obudowa ratownicza HOR-01, W37.011IOR, Wydanie 1, ITG KOMAG, wrzesień 2014.
 6. Instrukcja. Stojak hydrauliczny SHR-700, Stojak hydrauliczny SHR-960, W33.047IOR, W33.048IOR, Wydanie 1, ITG KOMAG, wrzesień 2014.
 7. <http://www.tvn24.pl/katowice,51/akcja-w-kopalni-zostalo-ok-25-m-odwiertu-ale-tempo-prac-spadlo,539023.html> (4 maja 2015).
 8. <http://www.csrg.bytom.pl/> (4 maja 2015).

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

Innowacyjne urządzenia transportowe z elektrycznym napędem akumulatorowym

Streszczenie

W urządzeniach transportowych stosowanych w podziemiach kopalń węgla mają zastosowanie głównie napędy spalinowe. Posiadają one wady związane z emitowaniem ciepła oraz toksycznych spalin. Mając na uwadze potrzebę poprawy warunków pracy w podziemiach kopalń w ITG KOMAG opracowano elektryczne maszyny transportowe PCA-1 oraz GAD-1, poruszające się po trasie podwieszanej. Maszyny te są napędzane z baterii akumulatorów składającej się z ogniw litowo-jonowych, o względnie dużej gęstości energii. W artykule omówiono rozwiązania techniczne tych maszyn, omówiono aspekty energetyczne, zagadnienie rekuperacji energii i warunki jakie powinny być spełnione w celu zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji ogniw litowo-jonowych.

Summary

Diesel drives are mainly used in transportation machines operating in coal mines' undergrounds. They have disadvantages associated with emission of heat and toxic exhaust gases. Taking into account the need to improve the work conditions in mines' undergrounds, PCA-1 and GAD-1 electric transportation machines, which move on a suspended track, were developed at the KOMAG Institute of Mining Technology. These machines are driven by a pack of batteries, which consists of lithium-ion cells, of relatively high energy density. Technical solutions of these machines, energy aspects, energy recuperation and conditions that should be met to ensure safe use of lithium-ion cells are discussed.

Słowa kluczowe: kolejka podwieszana, ciągnik podwieszany, napęd elektryczny, bateria akumulatorów, układ BMS, transport kopalniany, zero-emisyjny

Keywords: suspended monorail, suspended drivetrain, electric drive, pack of batteries, BMS system, mine transportation, zero-emission

1. Wprowadzenie

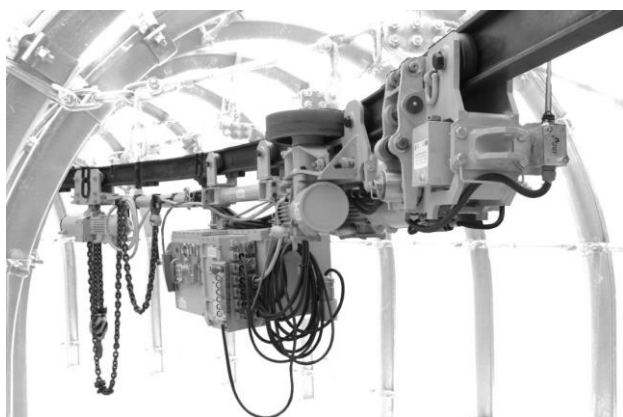
Stosowanie napędów spalinowych w kolejkach podwieszonych i spągowych transportu poziomego, powoduje, że pracownicy odczuwają znaczny dyskomfort pracy związany z dużym stężeniem spalin i emitowanym ciepłem. Przyczyny te skłoniły specjalistów ITG KOMAG do podjęcia prac rozwojowych nad ciągnikami z własnym, akumulatorowym źródłem zasilania. Ich efektem są ciągniki akumulatorowe GAD-1 i PCA-1. W zakresie możliwości technicznych GAD-1 jest odpowiednikiem spalinowych kolejek podwieszonych o nominalnej mocy silnika spalinowego 80 kW. PCA-1 to akronim Podwieszonego Ciągnika Akumulatorowego, który jest przeznaczony do transportu pomocniczego na niewielkich odległościach. Prace studialne nad napędami akumulatorowymi zakładały, że ciągnikom należy zapewnić co najmniej 8 godzinną pracę bez wymiany lub ładowania baterii ogniw, przy zachowaniu ich jak najmniejszej masy. Kryterium to spowodowało konieczność zastosowania nowej generacji ogniw litowych oraz odzyskiwania energii podczas prowadzenia transportu po upadzie, gdy silniki elektryczne pracują generatorowo, spełniając rolę hamulców.

Takie podejście stworzyło jednak szereg problemów związanych z procesem certyfikowania urządzeń w świetle obowiązujących przepisów. Baterie litowe nie mogą być bowiem przeładowywane ani nadmiernie rozładowane, w granicach 20% ich pojemności. Problemy z ich stosowaniem rozwiązano w urządzeniach codziennego użytku jakimi są telefony komórkowe, laptopy, kamery itd. W urządzeniach tych pracą ogniw sterują specjalne układy elektroniczne BMS (Battery Management System), czuwające nad ich poziomem naładowania i rozładowania. W rozwiązaniach przeznaczonych dla podziemi kopalń koniecznym jest stosowanie układów BMS o dużej pewności działania. Należy uwzględnić fakt, że gdyby pierwsza jazda ciągnika z naładowaną baterią, miała odbywać się po upadzie, nie byłoby możliwości hamowania silnikami, ponieważ bateria nie byłaby w stanie przyjąć dodatkowej ilości energii z procesu rekuperacji. W związku z tym, w takich przypadkach należało uwzględnić konieczność utrzymywania pewnego zapasu pojemności akumulatorów na gromadzenie dodatkowej ilości energii. Dotyczyło to głównie ciągnika GAD-1 (rys. 1), który jest przeznaczony do pracy na nachyleniach do 30°.



Rys. 1. Ciągnik GAD-1 pracujący w wyrobisku korytarzowym [8]

Ciągnik PCA-1 (rys. 2) przeznaczony głównie do pracy na trasie poziomej lub nieznacznie nachylonej, i nie dotyczy wyżej opisanej sytuacji. Ewentualne nadwyżki energii zostają bowiem kompensowane oporami ruchu i sprawnością układu odzysku energii.

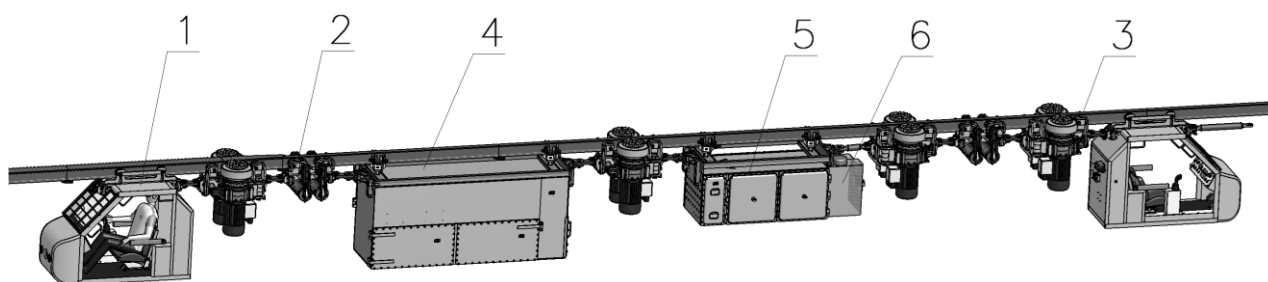


Rys. 2. Ciągnik PCA-1 na stanowisku prób [1]

2. Podwieszony ciągnik akumulatorowy GAD-1

Akronim ciągnika GAD-1 pochodzi od angielskiego określenia Gentle Accumulator Drive, co w zamierzeniu twórców miało charakteryzować, łagodny, akumulatorowy napęd. W rozwiązaniu GAD-1, staraniem kilku zaangażowanych w to przedsięwzięcie firm, zastosowano wiele innowacyjnych rozwiązań tj.: ogniwa akumulatorowe, dynamiczną zmianę systemu napędowego z ciernego na zębatkowy, układu sterowania, energoelektronikę oraz silniki elektryczne z magnesami trwałymi.

Zdolność do dynamicznej zmiany systemu napędowego z ciernego na zębatkowy została umożliwiona dzięki zaawansowanemu technicznie układowi sterowania, który może zmieniać prędkości obrotowe silników napędowych. Ogólną budowę ciągnika pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Widok ogólny ciągnika GAD-1 [4]

Głównymi podzespołami ciągnika GAD-1 są dwie kabiny operatora (1), dwa zespoły hamulcowe (2), cztery wózki napędowe (3) wyposażone w dwa, identyczne, dociskane do siebie zespoły napędowe, skrzynia akumulatorowa (4), skrzynia z aparaturą energoelektroniczną i układem sterowania (5) oraz zespół hydrauliczny do zasilania wózków hamulcowych i obsługi belek transportowych (6).

W zależności od rodzaju trasy jezdnej, która może być tradycyjna, na bazie dwuteownika I155, lub dodatkowo wyposażona w zębatkę, zintegrowaną z górną półką dwuteownika, wózki napędowe (3) mogą pracować ciernie lub zębatkowo. Podczas pracy cierniej, koła cierne są dociskane do bieżni trasy (środek dwuteownika) za pomocą siłownika, natomiast podczas jazdy zębatkowej koła zębate nie są dociskane, ale ich wzajemna odległość, gwarantująca właściwą współpracę z zębatkami, jest ograniczona mechanicznie. Zmiana systemu napędowego z ciernego na zębatkowy stosowana jest głównie w rejonie zmiany nachylenia wyrobiska z mniejszego na większe. Dynamiczny sposób zmiany napędu oznacza, że przy czterech wózkach napędowych, każdy z nich zmienia kolejno system napędowy a w miejscu zmiany część wózków może pracować ciernie, a część zębatkowo. Wiąże się to z różnymi prędkościami silników elektrycznych w poszczególnych wózkach, co stwarza konieczność nadzorowania zmiany trybu napędowego przez układ sterowania, w oparciu o odpowiedni algorytm. Każdy z wózków napędowych wyposażono w uchylne ramię, połączone z układem elektrycznym, współpracujące z dwoma znacznikami umieszczonymi na trasie w miejscu zmiany systemu napędowego. Podczas przejazdu przez określone miejsce układ sterowania otrzymuje dwa sygnały, które uruchamiają odpowiednie procedury mające swoje przełożenie na układ hydrauliczny oraz energoelektroniczny. Następuje przesterowanie rozdzielaczy elektrohydraulicznych oraz dopasowanie prędkości obrotowych w silnikach poszczególnych wózków, aż do chwili zakończenia procedury zmiany systemu napędowego. Zagadnienia związane z opracowaniem dynamicznej zmiany systemu napędowego były następujące:

- zmiana dokonywana jest „w ruchu”, kolejno przez cztery wózki napędowe,
- podczas pracy cierniej musi być realizowany docisk kół ciernych,
- podczas pracy zębatkowej docisk jest zbędny,
- wózek napędowy zmieniający system napędu nie generuje siły pociągowej,
- istnieje możliwość spotkania się wierzchołków zębów koła zębatego i zębarki.

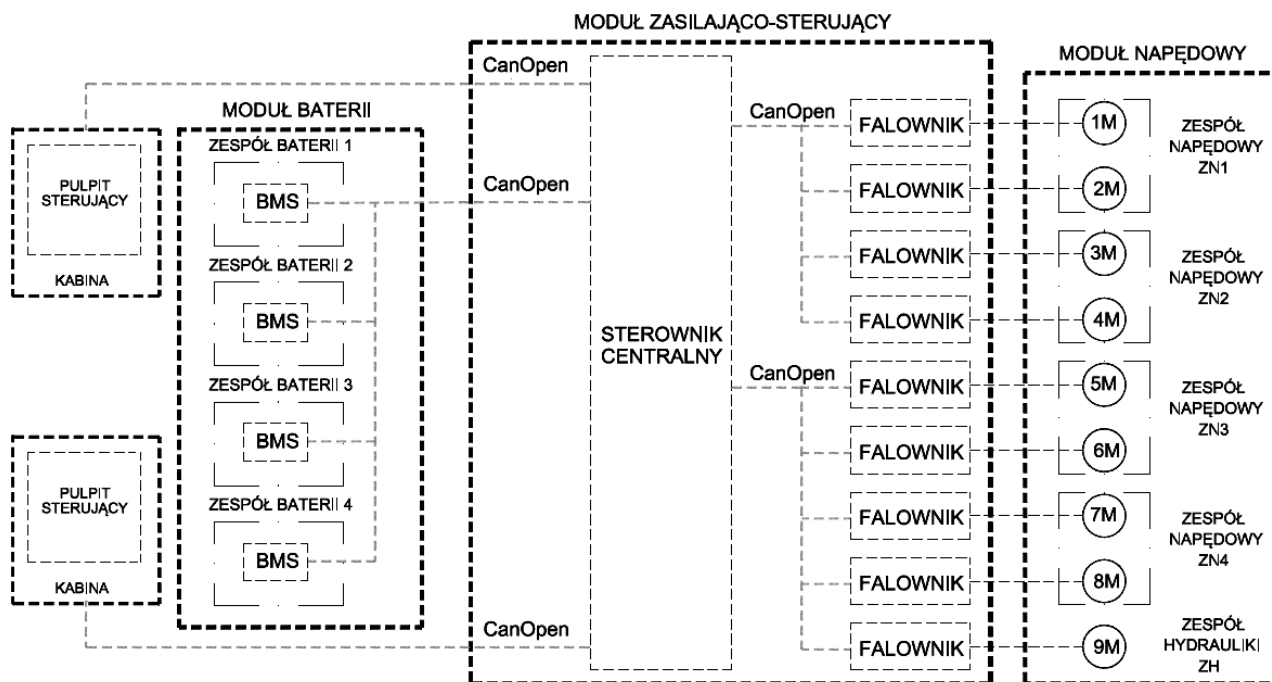
Dynamiczna zmiana systemu napędowego przez silniki elektryczne jest nadzorowana przez sterownik ciągnika, a jej dokonanie wymaga:

- ograniczenia prędkości najazdu w miejscu zmiany systemu napędowego,
- zastosowania znaczników w trasie i układu identyfikacji w wózku napędowym,
- zastosowania klinowej listwy rozbiegowej ze zmniejszonymi pierwszymi zębami,
- przesunięcia początku zębów po jednej i drugiej stronie zębarki,
- wyprzedzającego dostosowywanie prędkości obrotowej silników elektrycznych,
- zwiększenia siły pociągowej przez aktywne trzy napędy o 30%,
- zwolnienia docisku zespołów napędowych w miejscu zmiany systemu napędowego.

Ciągnik wyposażono w dwa zespoły hamulca awaryjno-postojowego (2), którego zadaniem jest zahamowanie ciągnika w miejscu postoju, oraz awaryjne hamowanie w sytuacji awaryjnej. Hamulce są sterowane sterownikiem mikroprocesorowym. Dodatkowo, w celu zwiększenia poziomu bezpieczeństwa w kabinach, zabudowano ręczne zawory hydrauliczne, służące do zahamowania hamulców awaryjno-postojowych. Operator może ręcznie wyzwolić ich działanie w sytuacji zagrożenia lub w sytuacji awarii układu elektronicznego nadzoru pracy ciągnika.

W celu zapewnienia możliwości elastycznego sterowania napędami ciągnika oraz rekuperacji energii przyjęto, że w napędach zostaną zastosowane silniki elektryczne zasilane prądem przemiennym za pośrednictwem elektroenergetycznych przekształtników energii. Silniki elektryczne z magnesami trwałymi, specjalnie dla tego rozwiązania wykonała firma KOMEL. Wykonanie z magnesami trwałymi skutkuje większą sprawnością silników, w porównaniu do tradycyjnych rozwiązań.

Głównym założeniem, stawianym na etapie tworzenia wyposażenia elektrycznego ciągnika GAD-1, była niezależność źródła zasilania oraz układu napędowego. Dzięki takiemu podejściu, opracowana maszyna może bezpiecznie pracować nawet w sytuacjach awaryjnych. Cel ten uzyskano poprzez zastosowanie czterech niezależnych układów napędowych, wyposażonych w dwa nowoczesne silniki synchroniczne z magnesami trwałymi. Silniki napędowe są sterowane indywidualnie z własnych przekształtników energoelektronicznych. Nad całością logiki sterowania ciągnika GAD-1 czuwa sterownik centralny. Sterownik wyposażony został w szereg modułów I/O, które zbierają informacje, umożliwiając w ten sposób odpowiednie reagowanie sterownika na zmiany zachodzące w trakcie pracy maszyny. Na rysunku 4 pokazano ogólny zarys wyposażenia elektrycznego ciągnika.



Rys. 4. Widok ogólny wyposażenia elektrycznego ciągnika GAD-1 [7]

Źródłem zasilania ciągnika podwieszanego GAD-1 są cztery niezależne zespoły baterii, składające się każda z grupy 72 ogniw, szeregowo połączonych ze sobą. Każdy z czterech zespołów baterii posiada napięcie znamionowe 266 V DC, oraz energię około 40 kWh, co sumarycznie daje 160 kWh dla całego modułu baterii akumulatorów [4]. Zespoły baterii umieszczone są w specjalnej komorze w osłonie ognioszczelnej. Każdy z czterech zestawów bateryjnych stanowi źródło zasilania dla jednego wózka napędowego. Dodatkowo, jeden z zespołów baterii, poza zasilaniem wózka napędowego, służy również do zasilania silnika indukcyjnego pompy hydraulicznej. Energia z każdego z zespołów baterii, poprzez złącza ognioszczelne, dostarczana jest przewodami do modułu zasilająco-sterującego, w którym za pośrednictwem ośmiu falowników uzyskuje się napięcie 3-fazowe o regulowanej częstotliwości i amplitudzie dla każdego z ośmiu silników napędowych. W wózkach napędowych zastosowano bezszczotkowe silniki synchroniczne z magnesami trwałymi (rys. 5).

Zastosowane silniki elektryczne zasilane są napięciem elektrycznym o wartości 150 V AC, każdy z nich generuje moc znamionową 9 kW oraz prędkość obrotową 740 obr/min. Silniki napędowe cechują się wysoką sprawnością (powyżej 90%). Dzięki zastosowanemu sterowaniu wektorem momentu, możliwa jest precyzyjna praca każdego z poszczególnych silników [5].



Rys. 5. Zespół napędowy z bezszczotkowymi silnikami synchronicznymi z magnesami trwałymi typu SMwsPA132M61 [6]

Zespół aparatury energoelektronicznej wyposażono ponadto w dziewięć falowników służących do zasilania silnika indukcyjnego pompy hydraulicznej. Silnik ten zasilany jest napięciem elektrycznym o wartości 188 V AC i częstotliwości 50 Hz. Sterownik centralny, umiejscowiony również w skrzyni aparatury elektrycznej wraz z układami zabezpieczeń, zasilany jest przez przetwornicę DC/DC napięciem pomocniczym o wartości 24 V DC. Wszystkie urządzenia iskrobezpieczne, takie jak: lampy diodowe, pulpity sterownicze czy rozdzielacze elektrohydrauliczne zasilane są napięciem 12 V. Cały proces sterowania odbywa się z pulpitu

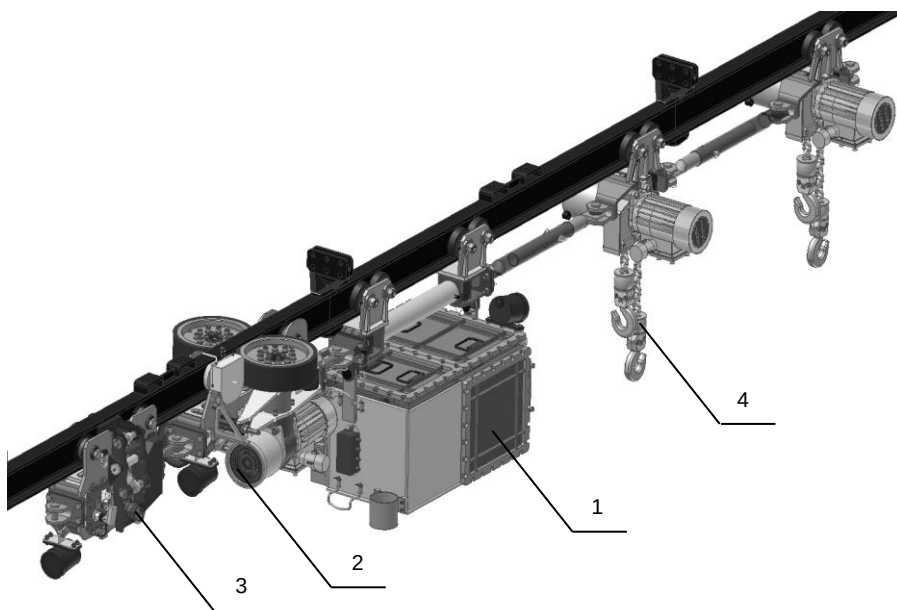
sterowniczego umieszczonego w jednej z kabin (w zależności od kierunku jazdy), po wcześniejszym jej upoważnieniu przez operatora maszyny. Podwieszony ciągnik akumulatorowy GAD-1 wyposażono ponadto w możliwość zdalnego sterowania za pośrednictwem pilota radiowego. Sterowanie takie przewidziano na potrzeby prac manewrowych. Nadrzędny system sterowania ciągnikiem GAD-1 zbudowano w oparciu o strukturę rozproszoną, łączącą ze sobą wszystkie elementy układu sterowania za pośrednictwem magistrali CanOpen. Cyfrowa magistrala dzięki przesyłaniu danych w postaci napięciowego sygnału różnicowego, cechuje się wysoką odpornością na zakłócenia docierające z urządzeń peryferyjnych, a co za tym idzie dużą, niezawodnością [5]. Do tej pory protokół ten nie znajdował dużego zastosowania w przemyśle górniczym. Stosowany jest natomiast powszechnie w branży motoryzacyjnej, skąd też zaczerpnięto pomysł na koncepcję sterowania ciągnikiem podwieszonym GAD-1. Uniwersalność zastosowanego protokołu CanOpen pozwala na komunikowanie się podzespołów różnych producentów oraz umożliwia przełączanie pomiędzy aplikacjami do diagnozowania i konfiguracji magistrali komunikacyjnej. Inteligentne sterowanie, dzięki zastosowanemu wektorowemu sterowaniu układem wielosilnikowym umożliwia precyzyjne zarządzanie rozpięciem mocy, w zależności od aktualnego stanu pracy maszyny. Dużym atutem podwieszonego ciągnika GAD-1 jest możliwość zwrotu energii do baterii akumulatorów podczas hamowania elektrycznego. Każdy z silników napędowych w trakcie hamowania pracuje jako prądnica. Generowany przez nie prąd, poprzez falownik jest kierowany do akumulatora. Wynika stąd konieczność utrzymywania pewnego zapasu pojemności akumulatorów na gromadzenie dodatkowej ilości energii. Z problemem tym wiąże się ściśle bilans energetyczny związany z kierunkiem transportu ładunków po wzniosie i nachyleniu, o czym szerzej napisano w rozdziale 4 niniejszego artykułu. Za poprawność działania baterii akumulatorów, zarówno w czasie pracy, jak i podczas ładowania ogni, odpowiada inteligentny system nadzoru nad zespołem baterii – BMS z ang. battery management system [4]. System ten służy do ciągłego monitoringu parametrów zespołu baterii, a także każdego ogniwa indywidualnie. Decyduje on o równomiernym rozpięciu energii pomiędzy poszczególnymi ogniwami podczas hamowania elektrycznego z odzyskiem energii. Dodatkowo BMS pełni rolę inteligentnego zabezpieczenia, zarówno programowego jak i sprzętowego, przed niepożądanymi zdarzeniami, takimi jak np. przeładowanie, czy nadmierne rozładowanie. Odpowiedni dobór parametrów komponentów współpracujących z zespołem baterii oraz opracowanie algorytmów bezpieczeństwa przyczyniło się znacząco do stworzenia maszyny górniczej przeznaczonej do pracy w warunkach zagrożeń skojarzonych (zagrożenie wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego, pożarowe, wodne).

3. Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1

Podwieszony ciągnik akumulatorowy PCA-1 jest urządzeniem dostosowanym do poruszania się po podwieszanej trasie jezdnej na bazie profilu dwuteowego I155. Urządzenie przewidziane jest do prac manewrowych prowadzonych w wyrobiskach zagrożonych atmosferą wybuchową, w szczególności gazu i/lub pyłu węglowego. Rozwiązania konstrukcyjne zastosowane w ciągniku PCA-1 pozwalają na eksploatację urządzenia, między innymi w: koksowniach, rafineriach, fabrykach farb i lakierów oraz w kopalniach soli, rud i węgla.

Przemieszczanie zestawu transportowego po jezdni podwieszanej realizowane jest za pomocą wózka napędowego (2) wyposażonego w dwa napędy cierne z zabudowanymi silnikami elektrycznymi. Silniki elektryczne zasilane są z baterii akumulatorów zabudowanych w zespole zasilania (1). W przypadku stosowania ciągnika na nachyleniach trasy jezdnej powyżej 4°, może być on dodatkowo wyposażony w niezależny wózek awaryjnego hamowania (3). Konstrukcja układu zasilania i sterowania umożliwia doładowanie baterii akumulatorowych poprzez podłączenie, z wykorzystaniem przyłącza ognioszczelnego, do źródła zasilania. Zastosowane rozwiązania techniczne pozwalają na ładowanie baterii również w przestrzeniach zagrożonych atmosferą wybuchową. Zmiana prędkości jazdy oraz hamowanie manewrowe w ciągniku realizowane jest przez zmianę prędkości obrotowej silników napędowych przez odpowiednieysterowanie falownika. Konstrukcja ciągnika umożliwia elastyczne dostosowanie do wymagań użytkowników, między innymi, poprzez współpracę z zestawem transportowym (4) z wciągnikami z napędem ręcznym lub z wciągnikami z napędem elektrycznym EWŁ-3 [2].

W przypadku zastosowania dwóch wciągników z napędem elektrycznym cała aparatura elektryczna wciągnika umieszczona jest w skrzyni aparaturowej (zintegrowane zasilanie oraz sterowanie). Podnoszenie i opuszczanie ładunku odbywa się dla każdego wciągnika osobno i jest sterowane z kasety połączonej przewodowo ze skrzynią aparaturową. Z kasety można awaryjnie wyłączyć zasilanie wciągników, co powoduje wyłączenie obu silników i ich samoczynne zahamowanie. Ciągnik PCA-1 przystosowany jest do sterowania przewodowego lub radiowego. Podstawowym elementem ciągnika PCA-1 jest moduł zasilania MZ-1. Wewnętrzna część tego modułu składa się z trzech komór: przyłączowej, aparaturowej i akumulatorowej. Komora przyłączowa, w której znajdują się listwy zaciskowe połączona jest za pomocą izolatorów przepustowych z komorą aparaturową, w skład której wchodzi wszystkie elementy wyposażenia elektrycznego [3]. Z kolei komora aparaturowa połączona jest za pomocą izolatorów przepustowych z komorą akumula-



Rys. 6. Podwieszony ciągnik PCA-1/ZT [1]

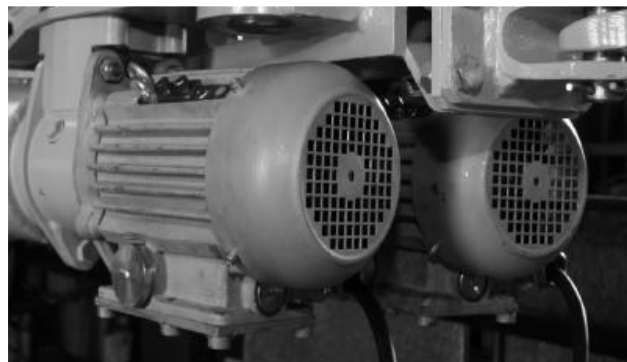
torową. Zastosowanie ciągnika PCA-1 w zdecydowany sposób może poprawić warunki klimatyczne, przyczyniając się do zwiększenia komfortu pracy. Możliwość ładowania baterii ciągnika w miejscu pracy eliminuje stratę czasu związaną z przejazdem urządzenia do zajezdni w celu jej doładowania. Źródłem zasilania w ciągniku PCA-1 są nowoczesne ogniwa litowo-jonowe typu LiFePO₄ (rys. 7) o napięciu znamionowym 3,2 V oraz pojemności znamionowej 100 Ah.



Rys. 7. Widok pojedynczego ogniwa oraz całej baterii zastosowanej w ciągniku PCA - 1 [3]

Bateria akumulatorów, zbudowana z ww. ogniw umożliwia zasilanie napięciem elektrycznym o wartości 48 V DC (piętnaście ogniw połączonych szeregowo), o łącznej energii 4,8 kWh. Układ napędowy podwieszonego ciągnika akumulatorowego PCA-1 składa się z dwóch silników elektrycznych, połączonych wspólnie do jednego falownika. Zastosowany falownik typu FNTGpca-2-48-KG posiada funkcję ładowania akumulatorów. W celu naładowania baterii akumulatorów należy w ciągniku PCA-1 przestawić przełącznik w pozycję ładowania.

Spowoduje to przejście do pracy z ładowaniem akumulatorów z sieci, po uprzednim podłączeniu złącza ZW-40 do zespołu transformatorowego. W stanie pracy ładowania nie jest możliwe uruchomienie żadnego z silników ciągnika. Zastosowane silniki indukcyjne (rys. 8) mają moc 1,1 kW.



Rys. 8. Silnik górniczy samohamowny o mocy 1,1 kW typu SGKg80-4Hp [3]

Napięcie znamionowe silników to 3x230 V, zaś ich nominalna prędkość obrotowa wynosi 1348 obr/min. Silnik wyposażono w tarczowy hamulec, który włączany jest sprężynowo po wyłączeniu napięcia zasilającego. Znamionowy moment hamujący wynosi 20 Nm. Urządzenie posiada możliwość rekuperacji energii w trakcie hamowania elektrycznego, co dodatkowo poprawia właściwości energetyczne opracowanego rozwiązania. Ważną rolę w wyposażeniu elektrycznym ciągnika PCA-1 pełni system kontrolno-zabezpieczający baterii akumulatorów (BMS). System

ten jest kluczowym komponentem baterii składających się z większej ilości ogniw. Poprzez pomiary i kontrolę głównych parametrów ogniw, monitoruje on ich stan, zapewniając tym samym bezpieczeństwo. Ciągnik wyposażono w układ monitoringu stanu naładowania baterii akumulatorów, który połączono z zespołem sygnalizacyjnym. W zespole sygnalizacyjnym znajdują się cztery diody LED, oznaczone jako "10%, 40%, 70% i 100%", informujące o aktualnym stanie naładowania baterii akumulatorów. Zasada działania układu do monitoringu stanu naładowania baterii akumulatorów polega na ciągłym pomiarze prądu pobieranego przez układ napędowy i podczas ładowania oraz na pomiarze napięcia na zaciskach wyjściowych baterii akumulatorów. Aby odpowiednio skonfigurować układ monitoringu stanu naładowania, należało wyznaczyć charakterystykę rozładowania baterii akumulatorów. Na podstawie charakterystyki rozładowania powstała charakterystyka stanu naładowania, która jest programowo zapisywana do pamięci układu monitoringu stanu naładowania baterii akumulatorów [3].

4. Zagadnienia energetyczne i warunki bezpiecznego stosowania napędów akumulatorowych

W przypadku ciągnika PCA-1, który jest przeznaczony do niewielkich nachyleń, maksymalnie do 12°, nie istnieje możliwość wystąpienia dodatniego bilansu energii z procesu rekuperacji. Ciągnik GAD-1 poruszający się w wyrobiskach nachylonych do 30°, winien dysponować zapasem energii do wykonania prac w ciągu jednej zmiany. Taki warunek uznano za konieczny, aby ciągnik był akceptowalny przez użytkowników. Bilans zmianowej pracy akumulatorowego ciągnika podwieszonego jest zależny od bilansu energii poszczególnych cykli pracy. Zwykle są to cykle powtarzalne, odbywające się pomiędzy miejscami załadunku i rozładunku. Miejsca te mogą znajdować się na różnych wysokościach. Bilans energii jest zatem uzależniony od różnicy wysokości, długości i nachylenia odcinków trasy, sprawności mechanicznej i elektrycznej napędów w pracy silnikowej oraz sprawności układu odzysku energii podczas pracy generatorowej silników. Przed rozpoczęciem transportu, w sytuacji gdy pierwszy transport lub jazda ciągnika po ładunek będzie się odbywał po upadzie, poziom naładowania akumulatora przed rozpoczęciem pracy będzie musiał uwzględniać zapas pojemności do gromadzenia energii, jaka powstaje w procesie hamowania silnikami. Poziom naładowania powinien być skalkulowany w oparciu o następujące czynniki bilansu energii:

- przyrost lub redukcja energii potencjalnej ładunku i/lub ciągnika,

- straty energii na pokonanie oporów ruchu, na poszczególnych odcinkach trasy,
- straty energii w pracy silnikowej, proporcjonalnej do iloczynu sprawności urządzeń mechanicznych i elektrycznych ciągnika,
- straty energii w pracy generatorowej, proporcjonalnej do iloczynu sprawności urządzeń mechanicznych i elektrycznych.

W celu zilustrowania czynników bilansu energii, można przeanalizować hipotetyczną sytuację, gdy transport będzie odbywał się na odcinku drogi o długości 1 km na nachyleniu 20° (różnica wysokości $h=342$ m). Transportowany ładunek to sekcja obudowy o masie 12 ton, a masa ciągnika 12 ton. Transport obudowy odbywa się po upadzie, a powrót ciągnika realizowany jest tą samą trasą, po wzniosie.

W wyżej omówionej sytuacji, różnica energii potencjalnej na początku i końcu drogi transportu wynosi 80,5 MJ.

Gdyby nie istniały opory ruchu, a wszystkie sprawności układów mechanicznych i elektrycznych ciągnika wystąpiłyby w 100%, to obliczona energia zwiększyłaby stopień naładowania baterii akumulatorów, (zestaw transportowy byłby hamowany silnikami). Podczas drogi powrotnej ciągnik zużywałby tylko 50% tej energii, zatem bilans energii w baterii akumulatorów byłby dodatni i wynosiłby 40,25 MJ. Uwzględniając pozostałe czynniki bilansu energii, można założyć, że opory ruchu (czynnik nr 2) wyrażone siłą potrzebną do ich pokonania wynoszą, 5000 N. Wówczas energia do pokonania oporów ruchu wynosi 5 MJ.

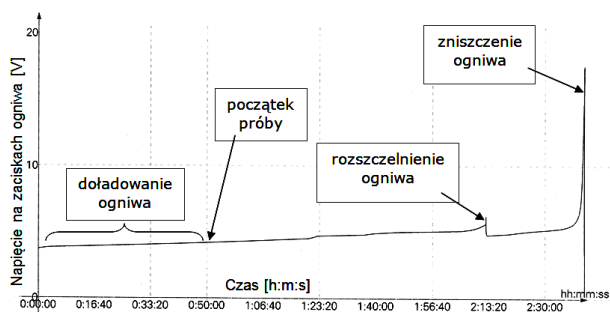
Ponieważ w drodze powrotnej na pokonanie oporów ruchu również potrzebna ok 5 MJ energii, to całkowita strata energii w dwu kierunkach wyniesie 10 MJ. Bilans energii akumulatora byłby zatem dodatni i wynosiłby 30,25 MJ.

Zakładając, że podczas pracy silnikowej i generatorowej sumaryczne sprawności mechaniczne i elektryczne są jednakowe i kształtują się na poziomie 0,7 można oszacować bilans energetyczny, uwzględniając czynniki 3 oraz 4. Przyrost energii akumulatora po dostarczeniu sekcji obudowy i po wykonaniu transportu po upadzie wyniesie 52,85 MJ natomiast zużycie energii na drogę powrotną wyniesie 65,00 MJ.

Zatem dla rozpatrywanego przypadku, przyrost energii w akumulatorze będzie ujemny (-12,15 MJ), nie zachodzi obawa o możliwość utraty zdolności gromadzenia energii w baterii akumulatorów. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że z powodu określonych sprawności układu mechaniczno-elektrycznego, przypadek dodatniego bilansu energetycznego w powtarzalnym ruchu wahadłowym po tej samej trasie, nie jest możliwy. Należy jednak zawsze mieć na

uwadze fakt, że w przypadku zaplanowanej, pierwszej jazdy po upadzie, w baterii akumulatorów powinien być zapas na przyjęcie energii z procesu rekuperacji. W odniesieniu do omawianego przypadku, należałoby w akumulatorze pozostawić zdolność gromadzenia energii w ilości 52,85 MJ. Sytuację taką można zawsze przewidzieć i doładować baterię w takim stopniu, aby zagwarantować zrealizowanie wszystkich funkcji ciągnika, w konkretnej sytuacji planowanego transportu.

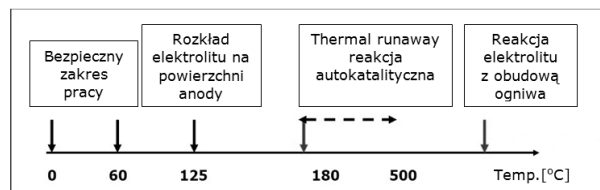
Zastosowanie jako źródła energii ogniwo litowo-jonowych wymaga stosowania układów nadzoru pracy tak zwanych układów BMS (Battery Management System). Ogniwa bez takich systemów, w sytuacji przeładowania mogą być niebezpieczne. Na rysunku 9 przedstawiono przebieg i efekt eksperymentu nadmiernej ładowania ogniwa.



Rys. 9. Przebieg napięcia na zaciskach ogniwa podczas próby przeładowania aż do fizycznego zniszczenia badanego ogniwa [7]

Od rozpoczęcia przeładowania do momentu rozszczelnienia ogniwa napięcie bardzo powoli stale narasta. Po rozszczelnieniu, które wystąpiło przy napięciu 6,2 V następuje spadek napięcia na zaciskach do wartości 4,8 V, od tego momentu napięcie na zaciskach ogniwa ponownie narasta. Po wzroście napięcia do wartości około 7 V następuje proces powodujący poza wzrostem temperatury (thermal runaway), gwałtowny wzrost napięcia do wartości około 17 V, po którym następuje zapłon i zniszczenie. Wszystkie opisane zjawiska wynikają ze wzrostu temperatury jaki towarzyszy przeładowaniu ogniwa. Jak wynika z rysunku 10 ogniwo pracuje bezpiecznie przy temperaturze nie przekraczającej 100°C. Przy około 125°C zaczyna się proces rozkładu elektrolitu na powierzchni anody. Proces ten zewnętrznie można zidentyfikować na podstawie ciągłego wzrostu temperatury ogniwa, w stosunkowo krótkim czasie. W tym momencie można jeszcze przerwać reakcję poprzez zaprzestanie ładowania ogniwa. W przeciwnym przypadku, gdy temperatura we wnętrzu ogniwa osiągnie wartość około 180°C nastąpi proces niekontrolowanego gwałtownego wzrostu temperatury, który już jest nie do zatrzymania. Proces ten jest procesem autokatalitycznym. W momencie gdy temperatura osiągnie wartość powyżej 500°C

pozostałości wygotowanego elektrolitu zaczną reagować z obudową ogniwa, powodując przeważnie jej zapalenie, o ile wcześniej żaden z gazów znajdujących się we wnętrzu ogniwa nie zapalił się [7].



Rys. 10. Zjawiska towarzyszące przeładowaniu ogniwa w funkcji temperatury [7]

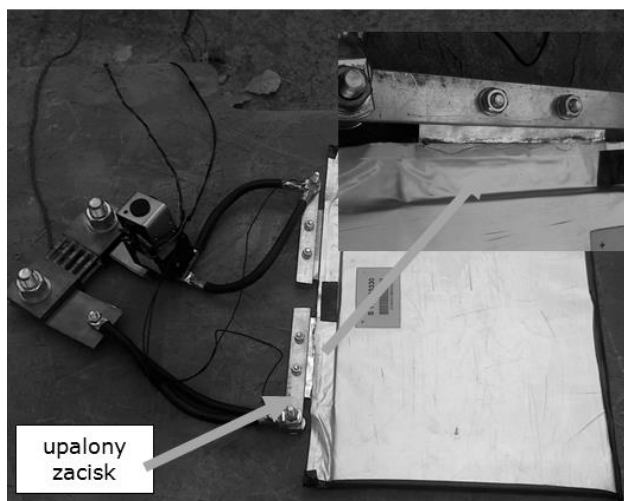
W ciągniku GAD-1, za bezpieczeństwo pracy baterii ogniwo litowych odpowiada wspomniany system BMS, który jest odpowiedzialny za:

- ochronę baterii przed uszkodzeniem,
- przedłużenie żywotności baterii,
- utrzymanie pożądanego stanu naładowania baterii,
- współdziałanie z oprogramowaniem zewnętrznym.

Istotną funkcją BMS jest monitorowanie i kontrola ogniwo przed działaniem w niesprzyjających warunkach. Jest to szczególnie istotne ze względu na bezpieczeństwo eksploatacji. Ciągłe monitorowanie pojedynczych ogniwo sprawia, że są one chronione przed uszkodzeniami spowodowanymi, przeładowaniem lub niedoładowaniem tak, aby ich żywotność nie została zmniejszona (ograniczona). System zarządzania bateriami zapewnia optymalny algorytm ładowania, dzięki czemu wszystkie ogniwa pozostają na pożądanym poziomie.

Poza systemem BMS, ciągnik akumulatorowy GAD-1, wyposażony jest w szereg zabezpieczeń, przeciwko zwarciom, przepięciom, czy też wysokiej temperaturze. Są to niezależne urządzenia działające w układzie redundantnym. Poza aparaturą zabezpieczeniową, technologia ogniwa jest realizowana w sposób zabezpieczający przed zwarcie. Jedną z elektrod ogniwa wykonana jest z aluminium, zaś druga z niklu. W trakcie wystąpienia zwarcia na ogniwie, elektroda aluminiowa ulega przepaleniu, przerywając tym samym przepływ przez ogniwo prądu zwarcia i zabezpiecza ogniwo przed konsekwencjami wzrostu temperatury, o których była mowa wcześniej. Na rysunku 11 pokazano widok ogniwa poddanego próbie zwarcia metalicznego.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa, można stwierdzić, że zastosowana w ciągniku GAD-1 bateria jest bezpieczna, ponieważ jej praca jest nadzorowana, a analiza możliwych konfiguracji tras wykazała, że w praktyce nie jest możliwe osiągnięcie wartości parametrów elektrycznych jakie zadawano podczas próby przeładowania ogniwa. Pomimo tych wszystkich zabezpieczeń, w ciągniku GAD-1 postanowiono



Rys. 11. Widok ogniwa po przeprowadzonej próbie zwarcia metalicznego [7]

pozostawić pewien bufor pojemności, na wypadek zaistnienia sytuacji, podczas której ciągnik z pełnią naładowaną baterią oraz obciążeniem zaczyna pracę jadąc po upadzie, generując prąd, który będzie doładowywał baterię.

5. Podsumowanie

Tendencje rozwojowe systemów transportowych w podziemnych zakładach górniczych wskazują na duże zainteresowanie napędami akumulatorowymi. Zastosowanie najnowocześniejszych ogniw litowych znacznie wpłynęło na efektywność, bezpieczeństwo i komfort pracy. Ciągnik GAD-1 od czasu wdrożenia pracuje już w kilku kopalniach. W opinii pracowników kopalń jest to rozwiązanie przyjazne dla ludzi i środowiska. Pomimo wysokiej ceny na dzień dzisiejszy (wynikającej w znaczącym stopniu z kosztów nowoczesnej technologii baterii akumulatorów) ciągnik ten jest zdecydowanie tańszy w trakcie eksploatacji. Ponadto na podstawie komentarzy obsługujących ciągnik GAD-1 górników, maszyna ta jest praktycznie bezawaryjna, a źródło zasilania wystarcza na dłużej niż ma to miejsce w innych maszynach akumulatorowych. Ciągnik PCA-1 cieszy się ogromnym zainteresowaniem ze strony kopalń. Na dzień dzisiejszy maszyna przeszła wszystkie wymagane badania związane z procesem certyfikacji i oczekuje na wdrożenie. Wdrożenie innowacyjnego ciągnika PCA-1 zmniejszy uciążliwość prac manewrowych związanych z dostawą elementów na odcinkach od dworców materiałowych do przodków chodnikowych. Dzięki zastosowaniu innowacyjnego systemu aktywnego balansowania

ogniów, wpłynęło na poprawę bezpieczeństwa pracy maszyny oraz żywotność zastosowanych ogniw litowych. Udowodnienie bezpieczeństwa proponowanych rozwiązań z zasilaniem akumulatorowym, zwłaszcza z uwagi na brak dotychczas tego typu maszyn oraz brak przepisów umożliwiających stosowanie tych ogniw w warunkach potencjalnie zagrożonych wybuchem, było ogromnym wyzwaniem, zakończonym w efekcie znaczącym sukcesem firm tworzących konsorcjum naukowo-przemysłowe.

Literatura

1. Budzyński Z., Kaczmarczyk K., Pieczora E.: Akumulatory nowej generacji w górniczych systemach transportowych na przykładzie ciągnika PCA-1. Napędy Sterowanie. 2012 nr 2 s. 108-111.
2. Kaczmarczyk K., Budzyński Z.: Ciągnik akumulatorowy PCA-1 do prac transportowych w wyrobiskach korytarzowych. Maszyn Górnicze 2011 nr 3 s. 48-52.
3. Konsek R.: Nowoczesny napęd akumulatorowy ciągnika PCA-1 jako alternatywa dla obecnie stosowanych napędów w ciągnikach transportowych. Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne nr 2/2012 s. 1-5.
4. Mróz J., Skupień K., Drwięga A., Budzyński Z., Polnik B., Czerniak D., Dukalski P., Brymora L.: Gentle accumulator drive (GAD) - new directions of development for the mining industry. Przegląd Elektrotechniczny 2013 nr 6 s. 205-209.
5. Drwięga A., Budzyński Z., Polnik B., Czerniak D., Skupień K.: „Akumulatorowy ciągnik podwieszany GAD-1 jako alternatywa rozwiązań z napędem spalinowym”. Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Konferencja KOMTECH 2011.
6. Polnik B.: Silnik PMSM jako nowoczesny napęd w górniczych systemach transportowych. Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne 2012 nr 94 s. 81-86.
7. Prace własne ITG KOMAG – materiały nie publikowane.
8. Materiały reklamowe firmy NAFRA Sp. z o.o.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

dr inż. Jarosław TOKARCZYK
dr inż. Marek DUDEK
mgr inż. Kamil SZEWERDA
mgr inż. Andrzej TUREWICZ
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Metody i narzędzia wspomagające projektowanie bezpiecznych środków technicznych do transportu materiałów i przewozu osób w kopalniach węgla kamiennego

Streszczenie

W Laboratorium Metod Wirtualnego Prototypowania ITG KOMAG od szeregu lat prowadzone są prace mające na celu rozwój narzędzi programowych oraz rozwój metod w zakresie wirtualnego prototypowania systemów mechanicznych. W artykule przedstawiono metodę wspomagania projektowania układów pomocniczego transportu kopalnianego oraz metodę służącą do analizy kolizyjności na trasach transportu pomocniczego z użyciem kolejek podwieszonych i spągowych. Zaprezentowano również metody numeryczne stosowane do oceny rozwiązań konstrukcyjnych zawiesi i złączy tras kolejek podwieszonych, ciągników manewrowych oraz kabin operatorów.

Summary

Work aiming at a development of software tools and methods for virtual prototyping of mechanical systems has been carried out in the Laboratory of Virtual Prototyping Methods at the KOMAG Institute of Mining Technology for many years. Method supporting the designing the auxiliary mine transportation systems and method for analysis of collision possibility on routes of auxiliary transportation by suspended monorails and floor-mounted railways, are presented. Numerical methods used in assessment of design solutions of suspensions and connections of suspended monorails routes, manoeuvring drivetrains and operators' cabins are also given.

Słowa kluczowe: pomocniczy transport górniczy, obliczenia trakcyjne, analiza kolizyjności, analizy dynamiczne, wirtualne prototypowanie

Keywords: mine auxiliary transportation, traction calculations, analysis of collision, dynamic analysis, virtual prototyping

1. Wprowadzenie

Proces projektowania środków technicznych do transportu materiałów i do przewozu osób składa się z kilku zadań, z pozoru niezależnych od siebie, ale stanowiących spójny całościowo tryb postępowania. Przykładowo, transport określonych ładunków w określonym fragmencie wyrobiska chodnikowego, wymaga rozwiązania następujących zadań:

- skonfigurowanie urządzenia transportowego, zgodnie z obowiązującymi przepisami,
- sprawdzenie przekrojów podłużnych i poprzecznych wyrobiska, z uwagi na możliwość wystąpienia kolizji podczas prowadzenia prac transportowych.

Zadania te realizowane są przez projektantów systemów transportowych (pracownicy Działów Przygotowania Produkcji lub Działów Górniczych kopalń), którzy korzystają z własnych programów obliczeniowych (arkusze kalkulacyjne). Brak jest jednak wzorców obliczeń, które z jednej strony ujednoliciłyby ten proces, a z drugiej pozwoliły opracować dokumenty przydatne podczas ich zatwierdzania lub kontroli.

Dodatkowo, z uwagi na stopień skomplikowania procesu transportu, niektóre obliczenia wymagają specjalistycznego oprogramowania, które nie występuje w wymienionych działach kopalni. Opracowane w ITG KOMAG programy do wspomagania projektowania, analiz kolizyjności oraz zastosowanie metody MBS do analiz dynamicznych układów pomocniczego transportu kopalnianego służą temu celowi.

2. Wspomaganie obliczeń układów transportu

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych [3], dokumentacja układu transportu powinna zawierać obliczenia trakcyjne, przeprowadzone dla rejonu projektowanej trasy o największym nachyleniu. Wynikiem obliczeń są maksymalne masy transportowanych ładunków oraz długość drogi hamowania. Kolejki podwieszane stosowane są coraz częściej w polskich kopalniach węgla kamiennego, co wymaga usprawnienia działań

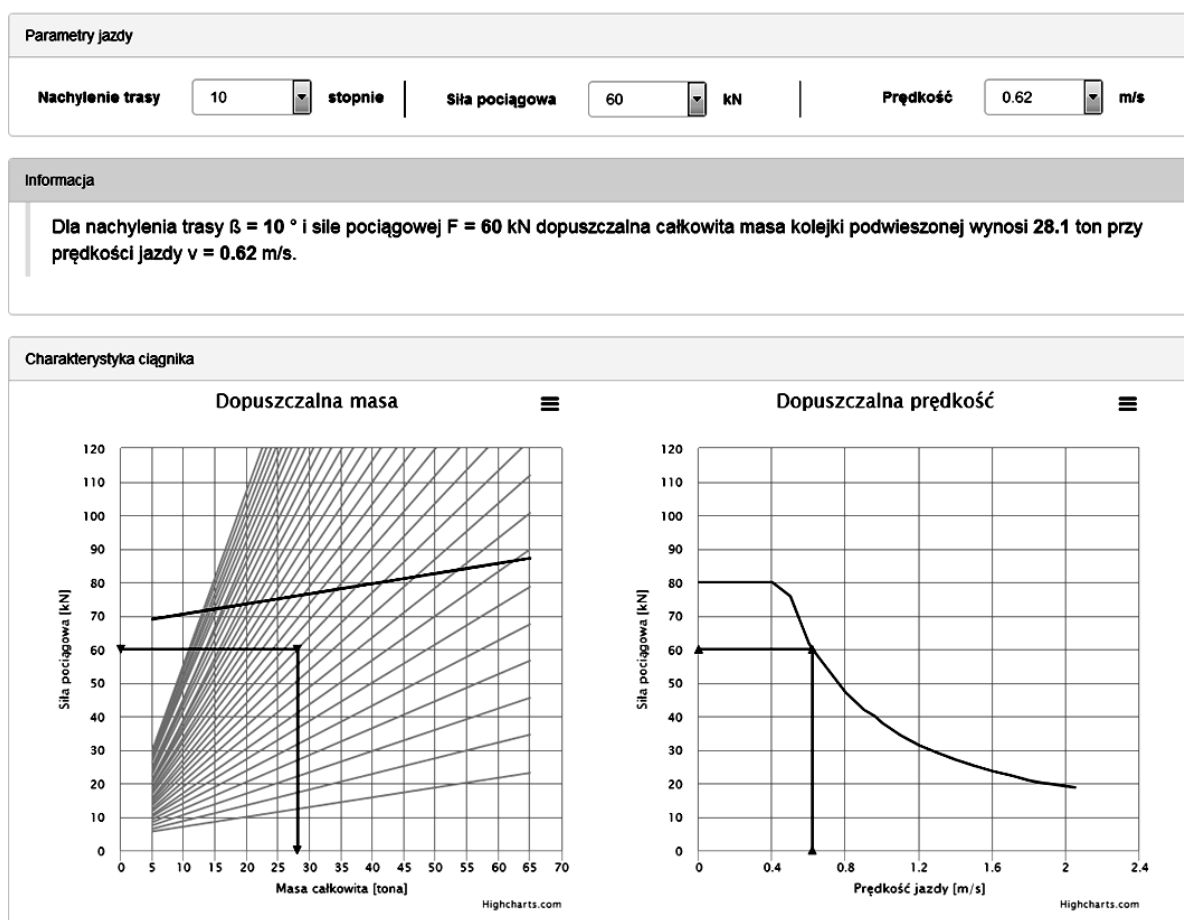
podczas wariantowania i oceny ich konfiguracji. Właściwe wykorzystanie rozbudowanych parków maszynowych kolejek podwieszonych wymusza odpowiedni dobór komponentów zespołu transportowego, tj. ciągnika, wózków hamulcowych oraz zestawów nośnych, dostosowanych do określonych warunków. Warunki te w przypadku transportu podwieszonego określone są przez: nachylenie trasy, długość, profil i typ szyn (z listwą lub bez listwy zębatej) oraz nośność zawiesi.

Opracowany w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG system wspomagania projektowania transportu kopalnianego STD (ang. *Safe Trans Design*) stanowi formę unifikacji i standaryzacji podczas planowania i tworzenia dokumentacji górniczych, podziemnych układów transportu [7, 8]. Możliwe jest uruchamianie systemu na komputerach mobilnych. Dostęp do systemu i jego poszczególnych modułów jest zdalny – system umiejscowiony jest na serwerze, z którym, za pomocą stacji roboczych, łączą się uprawnieni użytkownicy. System składa się z trzech modułów: konfiguratora, modułu oceny i raportowania oraz z modułu analiz kolizyjności.

Konfigurator kolejek podwieszonych umożliwia przygotowanie danych wejściowych do modułu oceny

i raportowania. Dane wejściowe obejmują parametry: ciągników, wózków hamulcowych, zestawów nośnych i wciągników, dla przyjętych warunków prowadzenia transportu. Konfigurowanie ciągnika możliwe jest po wprowadzeniu następujących danych: typ kabiny, liczba i rodzaj napędów, typ części maszynowej oraz typ jednostki pomocniczej. Wózki hamulcowe dobierane są ze względu na wartość statycznej siły hamownia oraz układu, w którym mogą być użytkowane. Dobór zestawów nośnych i wciągników wymaga podania przez użytkownika danych trasy, tj. profilu szyny i jej maksymalnej długości oraz nośności złączy [8]. Przykładowe charakterystyki trakcyjne w postaci graficznej, dla zadanych parametrów trasy, widoczne podczas doboru ciągnika, przedstawiono na rysunku 1.

Konfiguracja kolejki podwieszonej utworzona w konfiguratorze, jest zapisywana w bazie danych. Moduł oceny i raportowania wykonuje obliczenia umożliwiające jej ocenę, w świetle określonych warunków przyszłego prowadzenia transportu. Wyniki obliczeń są zapisywane w postaci pliku raportu. Widok okna dialogowego modułu oceny i raportowania przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Przykładowe charakterystyki trakcyjne ciągnika, dla zadanych parametrów trasy [9]

Moduł oceny i raportowania

Nazwa projektu

projekt 12, data modyfikacji: 2014-09-26 08:35:51 Wybierz projekt

Pliki projektu:

testowy raport pdf	10.09.2014
testowy raport2 pdf	10.09.2014
archiwum raportu rar	10.09.2014

Dostępne profile projektów

--- Domyślny profil --- Zapisz profil Usuń profil

Nazwa pliku

Nazwa pliku Generuj raport

Zaznacz wszystko Rozwiń

Dane raportu	+
Masa ładunku uwzględniana podczas obliczeń	+
Dane katalogowe i parametry techniczne	+
Obliczenia trakcyjne	+
Obliczenie wartości sił wciągach zespołu transportowego	+
Raport zbiorczy	+

Rys. 2. Widok okna dialogowego modułu oceny i raportowania [9]

Użytkownik ma możliwość modyfikacji zawartości i struktury raportu. Przykładowo, raport może zawierać jeden lub kilka wyników obliczeń, zamieszczonych w wybranej kolejności.

3. Komputerowe analizy kolizyjności w szynowym transporcie pomocniczym

Kopalniany transport materiałów oraz przewóz osób w podziemnych wyrobiskach prowadzony jest z wykorzystaniem kopalnianej kolei podziemnej, kolejek spągowych oraz kolejek podwieszonych. Bezkolizyjny przejazd ładunku w czasie transportu realizowanego w wyrobiskach korytarzowych kopalń jest uzależniony od odpowiedniego zaprojektowania trasy jezdnej oraz właściwego doboru urządzenia transportowego.

Podczas likwidacji i zbrojenia ścian znaczący udział w całości realizowanych wtedy zadań transportowych mają przewozy ładunków wielkogabarytowych. Są to sekcje obudowy zmechanizowanej, rynny przenośników ścianowych oraz zespoły kombajnów ścianowych. Zwiększające się gabaryty i masy transportowanych maszyn i innych urządzeń wymagają projektowania

systemów transportowych w oparciu o analizy istniejących tras, w aspekcie możliwości wystąpienia kolizji z obudową oraz wyposażeniem wyrobisk korytarzowych. Ponadto, wymagane jest zachowanie odpowiednich, określonych przepisami prawa, odstępów ruchowych pomiędzy elementami środków transportu, ociosem i spągami [3].

Celem analizy kolizyjności jest wyznaczenie obwiedni urządzenia transportowego (transport kopalnianą koleją podziemną lub koleją spągową), obwiedni trawers (transport kolejką podwieszoną), obwiedni ładunku oraz obwiedni odstępów ruchowych, wynikających z przepisów, na podstawie symulacji przejazdu urządzenia transportowego (platforma transportowa, modułowy zestaw nośny wraz z trawersami), wraz z ładunkiem, na wybranych fragmentach trasy. Są nimi najczęściej: zakręty, skrzyżowania, rozwidlenia chodników oraz odcinki, na których doszło do zmniejszenia się pola przekroju poprzecznego wyrobiska. Na tych fragmentach trasy może zaistnieć możliwość wystąpienia kolizji podczas prowadzenia prac transportowych, zwłaszcza gdy transportowanym ładunkiem są elementy wielkogabarytowe lub długie.

W chwili obecnej analizy kolizyjności przeprowadza się w czasie próbných przejazdów, bądź na mapach zawierających aktualne wymiary wyrobisk. Analizy kolizyjności przeprowadzane są na etapie tworzenia projektu wyrobisk chodnikowych o przeznaczeniu transportowym (sprawdzenie przekrojów podłużnych i poprzecznych wyrobiska oraz lokalizacji trasy kolejki w wyrobisku), lub też na etapie prowadzenia prac transportowych (uwzględnienie zmniejszenia się przekrojów poprzecznych wyrobisk chodnikowych na skutek oddziaływania górotworu).

W przypadku analiz kolizyjności wykonywanych na mapach zawierających aktualne wymiary wyrobisk, zwykle wykonuje się je „ręcznie”, korzystając z dokumentacji dróg transportowych w formie papierowej lub elektronicznej, nanosząc na analizowanej trasie kolejki kolejne położenia urządzenia transportowego wraz z ładunkiem. Zadanie to jest bardziej skomplikowane przy transporcie kolejką podwieszoną za pomocą modułowego zestawu nośnego. W takim przypadku, w oparciu o kinematykę zestawu, należy najpierw wyznaczyć jego położenie w zadanych punktach trasy, a następnie dokonać orientacji transportowanego ładunku względem zestawu, co jest zadaniem czasochłonnym.

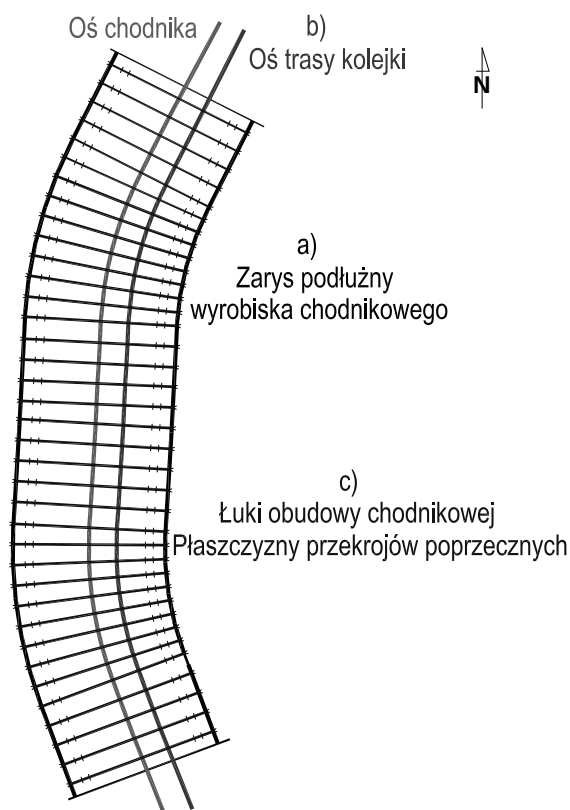
Obecnie większość dokumentacji rysunkowej projektów systemów transportu powstaje z wykorzystaniem systemu wspomagania projektowania CAD. W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG opracowano narzędzia wspomagające weryfikację projektów systemów transportu w świetle kryteriów bezpieczeństwa. Istotną częścią procedur weryfikacyjnych są analizy kolizyjności ładunków wielkogabarytowych oraz długich, transportowanych kopalnianą koleją podziemną, kolejkami spągowymi oraz podwieszonymi. W celu usprawnienia procesu wykonywania analiz kolizyjności, a szczególnie skrócenia ich czasu oraz ujednolicenia formy specyfikacji danych wejściowych i formy otrzymywanych wyników końcowych, opracowano komputerowy program do analiz kolizyjności, w postaci modułu uruchamianego wewnątrz systemu CAD.

Moduł analiz kolizyjności wspomaga projektanta w tworzeniu nowej lub weryfikacji istniejącej trasy systemu transportu. Umożliwia przeprowadzenie symulacji przejazdu urządzenia transportowego (platformy transportowej, zestawu nośnego z tawersami) wraz z ładunkiem po trasie kolejki. Dane wejściowe do analizy kolizyjności formułowane są w pliku graficznym programu CAD (projektowana oś trasy kolejki, zarys wyrobiska w rzucie z góry, rozmieszczenie łuków obudowy chodnikowej) oraz w formularzu internetowym (urządzenie transportowe, transportowany ładunek i jego orientacja względem urządzenia transportowego,

krok symulacji, wielkość odstępów (przejeżdżanych). Dla wybranych fragmentów trasy (zakręty, skrzyżowania, rozwidlenia, ...), przeprowadza się symulację przejazdu po trasie urządzenia transportowego wraz z ładunkiem. Jej efektem są wyznaczone: obwódnie ładunku w wybranych przekrojach podłużnych i poprzecznych wyrobiska, obwódnie platformy transportowej, obwódnie tawers i obwódnie odstępów ruchowych. Wyniki analizy kolizyjności dokumentowane są w postaci plików graficznych CAD oraz rastrowych JPG, co umożliwia ich późniejszą analizę i dalszą obróbkę przez projektanta systemu transportowego.

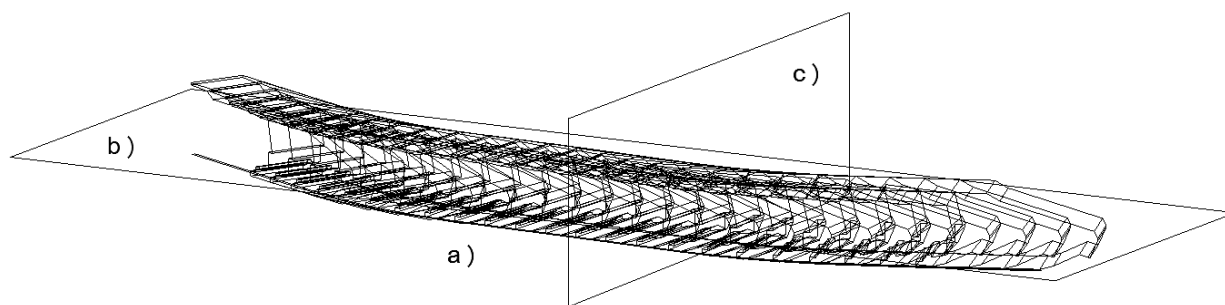
Na rysunkach 3÷5 przedstawiono przykłady wybranych etapów analizy kolizyjności:

- formułowanie danych wejściowych w programie CAD (rys. 3),
- symulację przejazdu po trasie urządzenia transportowego wraz z ładunkiem (rys. 4),
- wyniki symulacji – przekroje podłużne i poprzeczne (rys. 5).



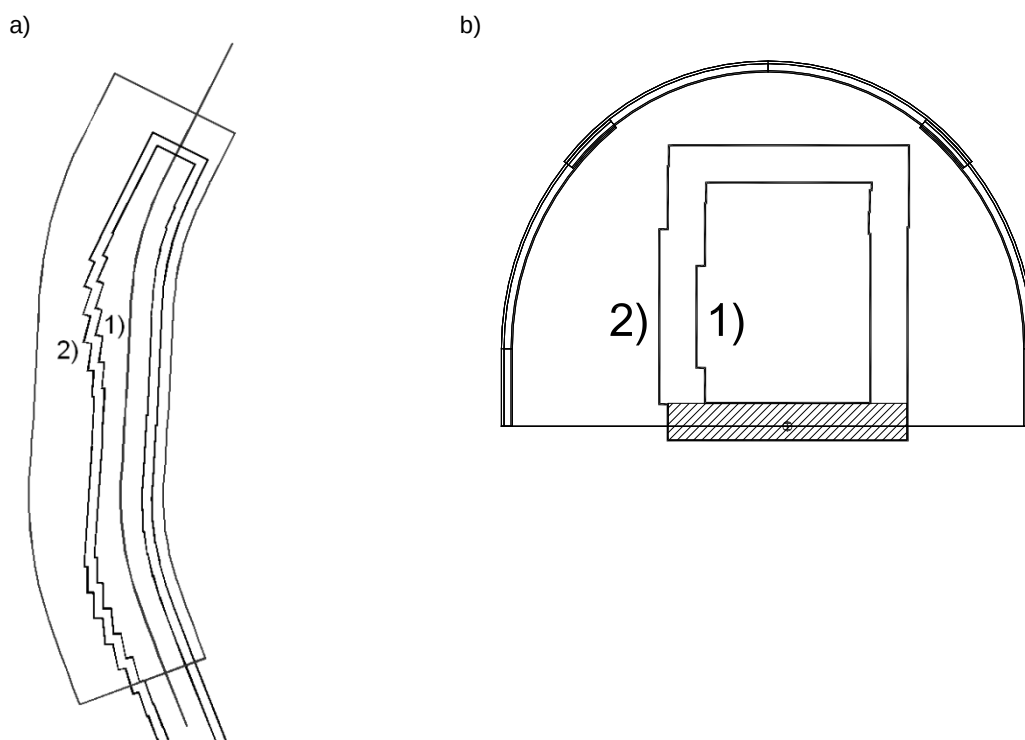
Rys. 3. Przykładowe dane wejściowe do analizy kolizyjności – plik graficzny programu CAD [2]:

- a) zarys podłużny wyrobiska chodnikowego,
- b) projektowana trasa kolejki/oś trasy,
- c) łuki obudowy chodnikowej – płaszczyzny przekrojów poprzecznych



Rys. 4. Symulacja przejazdu po trasie urządzenia transportowego wraz z ładunkiem [Źródło: opracowanie własne]:

a) ślad ładunku, b) przykładowa płaszczyzna cięcia dla przekroju podłużnego,
c) przykładowa płaszczyzna cięcia dla przekroju poprzecznego



Rys. 5. Przykładowy przekrój podłużny (a) i poprzeczny (b) śladu ładunku, wpisany w przekrój podłużny i poprzeczny wyrobiska chodnikowego [Źródło: opracowanie własne]:

1) bez uwzględnienia wartości odstępów (przebieg) ruchowych, 2) z uwzględnieniem wartości odstępów (przebieg) ruchowych

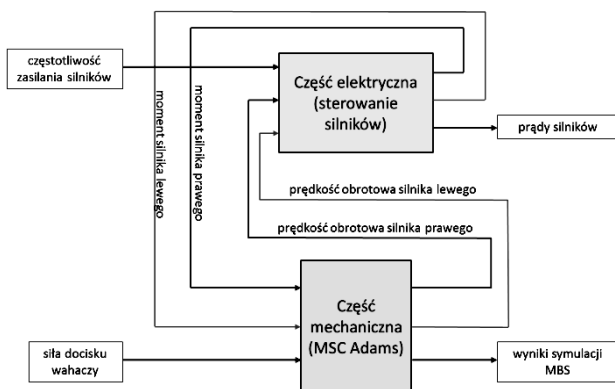
Na rysunku 5b) zaznaczono dodatkowo zakreślony obszar odstępów (przebieg) ruchowych dla przekroju poprzecznego, który nie podlega analizie kolizyjności przy transporcie kolejką spągową (ładunek spoczywa na platformie transportowej).

4. Zastosowanie metody MBS do analiz dynamicznych środków technicznych transportu szynowego podwieszonego

Analizy kinematyki i dynamiki kolejek podwieszonych wspomagają inżynierów zajmujących się projektowaniem układów transportowych zarówno na etapie projektowania

nowego układu transportu, jak również podczas jego eksploatacji.

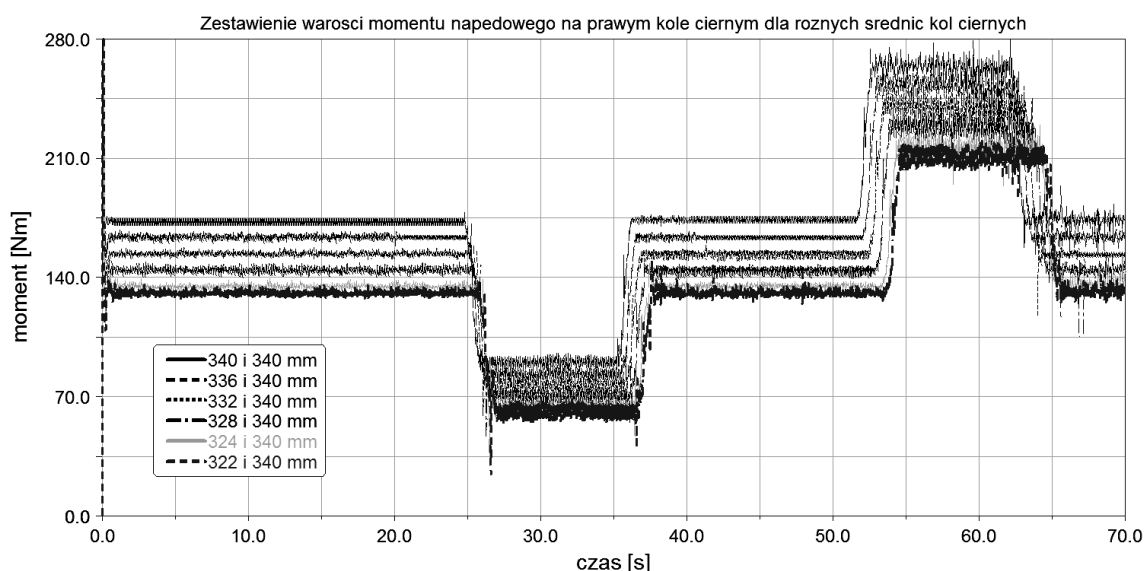
Jednym z przykładów zastosowania analiz MBS (ang. *Multi-Body System*) jest analiza pracy ciągnika manewrowego PCA-1 [4]. W celu jej przeprowadzenia zbudowano model obliczeniowy ciągnika, rozbudowany o model układu starowania. Poprzez zdefiniowanie zależności geometrycznych oraz sygnałów sterujących, przeprowadzono analizy z różnymi parametrami pracy. Sterowaniu podlegały takie wielkości, jak: częstotliwość zasilania silników napędowych, czy wartość siły docisku wahaczy. Strukturę modelu obliczeniowego ciągnika manewrowego PCA-1 przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Struktura modelu obliczeniowego ciągnika manewrowego PCA-1 [4]

W wyniku przeprowadzonych symulacji numerycznych uzyskano przebiegi czasowe: prądów w silnikach, prędkości i przyspieszeń, zarówno liniowych jak i kątowych poszczególnych podzespołów ciągnika, sił kontaktowych występujących pomiędzy rolkami jezdnyymi oraz kołami napędowymi a elementami trasy, na której wyodrębniono odcinki proste oraz zakręty (w prawo i w lewo).

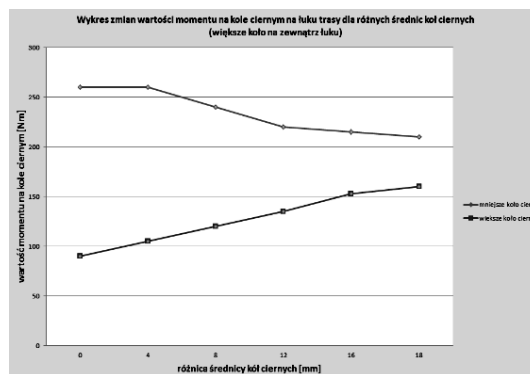
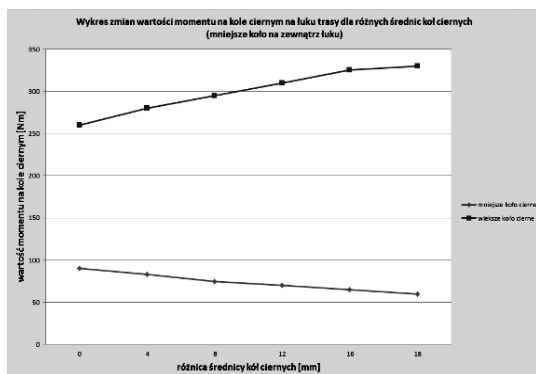
Jedną z analiz była zmienność momentów napędowych na kołach ciernych podczas przejazdu po odcinku prostym oraz podczas przejazdu przez łuk trasy w zależności od różnicy średnic kół ciernych. Na rysunku 7 przedstawiono przykładowe wartości momentów napędowych na jednym z kół ciernych, w zależności od różnicy średnicy pomiędzy kołami ciernymi.



Rys. 7. Zestawienie wartości momentów napędowych na jednym z kół ciernych w zależności od różnicy średnicy pomiędzy kołami ciernymi [4]

Kolejnym krokiem analizy było wyznaczenie różnicy obciążenia silnika napędowego prawego i lewego koła ciernego, w zależności od wielkości różnicy średnic

obu kół ciernych. Na rysunku 8 przedstawiono wykres zmian wartości momentów na kole ciernym, na łuku trasy, dla różnych par średnic kół ciernych.



Rys. 8. Zmiana wartości momentów na kole ciernym na łuku trasy dla różnych par średnic kół ciernych [4]

Otrzymane wyniki analiz pozwoliły na opracowanie wytycznych dotyczących maksymalnych dopuszczalnych różnic w średnicach kół ciernych ciągnika, które mogą wynikać z nierównomiernego stopnia ich zużycia.

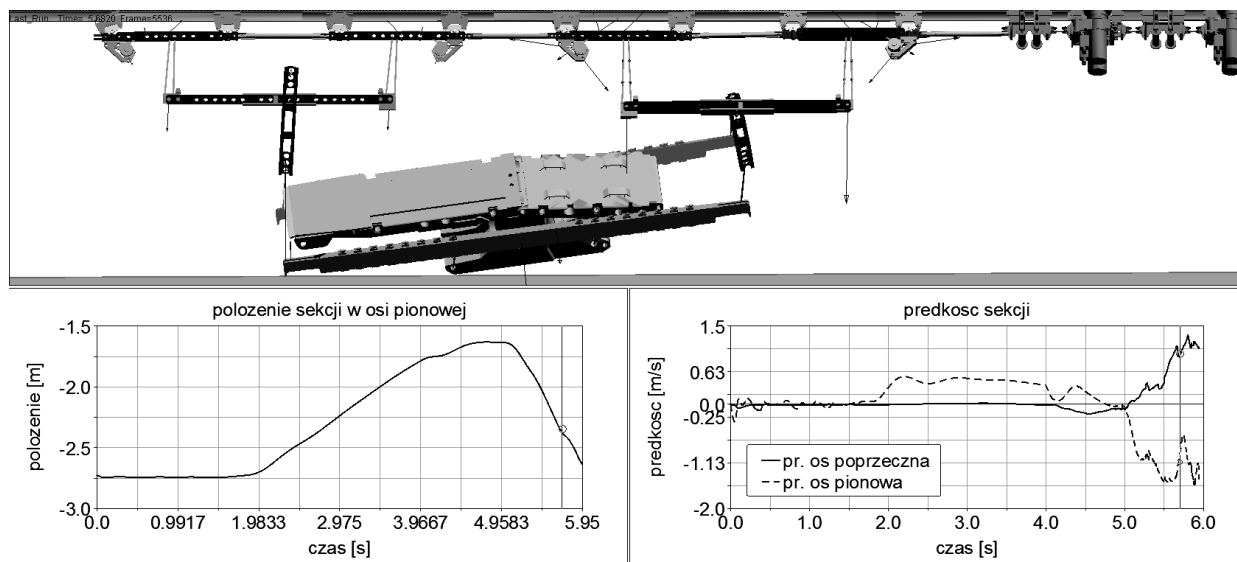
Innym zastosowaniem metody MBS są analizy związane z oceną bezpieczeństwa transportu materiałów lub przewozem osób. W tym celu przeprowadzono symulację transportu sekcji obudowy zmechanizowanej za pomocą modułowego zestawu nośnego – rysunek 9.

Analizy takie służą do odpowiedniego doboru wielkości łańcuchów zawiesi w modułowym zestawie nośnym oraz symulują sytuacje awaryjne, takie jak: awaryjne hamowanie czy zerwanie jednego z łańcuchów, na których zawieszona jest sekcja.

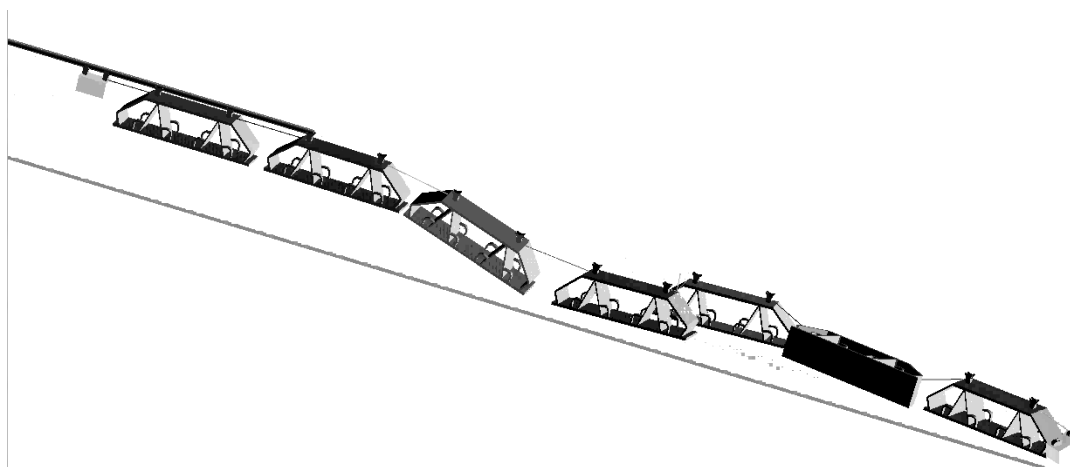
Na rysunku 9 przedstawiono przykład analizy, w której został zerwany łańcuch w modułowym zestawie

nośnym. Pozwoliło to na sprawdzenie zachowania się transportowanego ładunku oraz na analizę występującego zagrożenia.

Za pomocą analiz MBS mogą być również wyznaczane takie wielkości, jak: przebieg prędkości oraz wielkość przyspieszenia działającego na przewożonych ludzi podczas awaryjnego hamowania kolejki. Otrzymane wyniki mogą być wykorzystane do analiz numerycznych, pozwalających na identyfikację i ocenę wybranych zagrożeń mechanicznych. W analizach wykorzystuje się wirtualne odpowiedniki manekinów typu Hybrid III [6]. Analizy MBS znajdują, także zastosowanie w czasie prowadzenia ekspertyz powypadkowych, dotyczących np. wpływu prędkości na zachowanie kabin osobowych, w sytuacji przerywania ciągłości trasy podwieszanej – rysunek 10.



Rys. 9. Analiza sytuacji zerwania łańcucha zawiesia, na którym zawieszono sekcję obudowy zmechanizowanej w modułowym zestawie nośnym [5]



Rys. 10. Symulacja zerwania trasy kolejki podwieszanej [Źródło: opracowanie własne]

5. Podsumowanie

Przedstawione w niniejszym artykule narzędzia i metody wspomagające projektowanie bezpiecznych środków transportu materiałów i przewozu osób w kopalniach węgla kamiennego są stosowane zarówno na etapie realizacji prac koncepcyjnych nowych rozwiązań, jak również podczas tworzenia dokumentacji układów transportu.

Opracowanie nowej wersji systemu STD wynika z potrzeb jego użytkowników (projektanci systemów transportowych z kopalń JSW S.A.). Modułowa struktura systemu umożliwia przeprowadzenie wielokryterialnej oceny komponentów kolejki podwieszanej (moduł oceny i raportowania). Udoskonalony system wspiera służby kopalniane w zakresie skrócenia pracochłonnych obliczeń i ukierunkowuje prace inżynierskie prowadzone w kopalniach na prace koncepcyjne. Wspomagane komputerowo konfigurowanie pozwala na optymalny dobór elementów kolejek w aspekcie występujących warunków i transportowanych mas ładunków. Dostępność systemu na platformie internetowej oraz jego struktura bazodanowa umożliwiają szybką aktualizację jego zasobów i ich uaktualnienie zgodnie ze zmieniającym się parkiem maszynowym.

Główną ideą komputerowego modułu do analiz kolizyjności na trasach transportowych kopalnianych kolei podziemnych, kolejek spągowych oraz podwieszonych, jest zastosowanie narzędzi internetowych do specyfikacji danych wejściowych, powszechne stosowanie programu do wspomagania projektowania CAD oraz, opracowanego w ITG KOMAG, autorskiego oprogramowania, pracującego wewnątrz programu CAD, do prowadzenia analiz kolizyjności. Zastosowanie programu z grupy CAD do analizy kolizyjności daje projektantowi systemu transportowego następujące korzyści [1]:

- możliwość wielokrotnego prowadzenia analiz kolizyjności, dla zmieniających się warunków brzegowych (lokalizacja trasy kolejki w przekroju poprzecznym wyrobiska, gabaryty transportowanych ładunków, dodatkowe maszyny i urządzenia występujące na trasie kolejki),
- zwiększenie szybkości prowadzenia analiz oraz możliwość dokumentowania ich wyników,
- możliwość budowy modeli płaskich (2D) lub przestrzennych (3D), o dowolnym stopniu skomplikowania,
- wyznaczenie rzeczywistego toru ładunku podczas transportu materiałów wielkogabarytowych – obwiednia transportowanego ładunku,
- możliwość dokonywania pomiarów otrzymanych powierzchni lub brył kolizji celem zaproponowania środków niezbędnych do uniknięcia kolizji,
- wyznaczenie odległości transportowanego materiału od potencjalnych przeszkód.

Zaprezentowane narzędzia i metody są już obecnie stosowane przez pracowników inżynierjino-technicznych kopalń JSW S.A. Ich uzupełnieniem i rozszerzeniem mogą być metody numeryczne MBS

i MES systemów pomocniczego transportu kopalnianego, które wymagają jednak dostępu do specjalistycznego oprogramowania oraz współpracy pomiędzy specjalistami z KOMAG-u i doświadczonej kadry posiadającej wiedzę ekspercką w zakresie eksploatacji środków transportu.

Literatura

1. Dudek M.: Use of CAD systems in testing collision of underground transportation means. Archives of Mining Sciences 2013 nr 2 s. 411-432.
2. Projekty systemów transportu. Dokumentacja rysunkowa w formie plików programu AutoCAD. KWK ZIEMOWIT, 2010-2011 (materiały nie publikowane).
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. Nr 139, poz. 1169 oraz z 2006 r. Nr 124, poz. 863).
4. Szewerda K., Konsek R., Kaczmarczyk K.: Manewrowy ciągnik elektryczny do transportu materiałów i ludzi. Badania symulacyjne ciągnika PCA-1 podczas jazdy z niesymetrycznym stopniem zużycia kół jezdnych. ITG KOMAG Gliwice 2013 (materiały nie publikowane).
5. Szewerda K., Turewicz K., Tokarczyk J.: Metoda wyznaczania sił dynamicznych w wysokoobciążalnych modułowych zestawach transportowych za pomocą analiz MBS. ITG KOMAG Gliwice 2014 (materiały nie publikowane).
6. Tokarczyk J.: Method for identification of results of dynamic overloads in assessment of safety use of the mine auxiliary transportation system. Archives of Mining Sciences. Artykuł przekazany do wydawnictwa (po pozytywnej recenzji). Planowany termin publikacji: rok 2016.
7. Tokarczyk J., Turewicz A., Dudek M.: Safe Trans Design – system wspomagania prac inżynierskich dla podwieszonoego transportu kopalnianego. W: Bezpieczeństwo Pracy Urzędzeń Transportowych w Górnictwie. Monografia pod redakcją Andrzeja Tytko, Mariana Wójcika. Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego sp. z o.o., Łędziny 2014 s. 84-89.
8. Tokarczyk J. i in.: Stan i kierunki rozwoju systemu wspomagania prac inżynierskich dla pomocniczego transportu kopalnianego Safe Trans Design (STD). Maszyny Górnicze 2014 nr 2 s. 30-32.
9. Tokarczyk J. i in.: Wspomaganie procesu konfiguracji i oceny środków pomocniczego transportu kopalnianego przy użyciu systemu STD. W: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa: bezpieczeństwo, efektywność i niezawodność. KOMTECH 2014. ITG KOMAG, Gliwice, 2014, s. 171-181.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

Efekty współpracy ITG KOMAG z firmą MWM Elektro Sp. z o.o.

Streszczenie

W ostatnich latach rozwinęła się szeroka współpraca pomiędzy Instytutem Techniki Górniczej KOMAG, a firmą MWM Elektro Sp. z o. o. – czołowym, krajowym dostawcą maszyn wyciągowych dla górnictwa. Jej efektem są wdrożenia wielu nowych maszyn wyciągowych w górniczych wyciągach szybowych. Oferowana gama produktów obejmuje maszyny bębnowe: jedno i dwubębnowe, jak również maszyny wciągowe z kołem pędnym, jedno- i wielolinowe. W projektach nowych maszyn wyciągowych ITG KOMAG opracowuje dokumentację techniczną części mechanicznej. Pozostały zakres projektów tj. część elektryczną (zasilanie i sterowanie maszyny), instalacje hydrauliczne wraz z własnymi układami hydraulicznymi dedykowanymi do maszyn wyciągowych w zakresie zasilania i sterowania hamulców oraz smarowania łożysk wału głównego oraz dokumentację technologiczną wykonuje firma MWM Elektro Sp. z o. o. Firma MWM Elektro Sp. z o. o. realizuje montaż i uruchomienie maszyn w całym zakresie inwestycji oraz prowadzi nadzór, przy współudziale specjalistów ITG KOMAG, gwarancyjny i pogwarancyjny.

Słowa kluczowe: górnicze wyciągi szybowe, maszyny wciągowe, projektowanie

Keywords: mine shaft hoists, hoisting machines, designing

Summary

Collaboration between KOMAG Institute of Mining Technology and MWM Elektro Sp. z o. o. - leading Polish supplier of machinery for the mining industry - has developed in the last years. Implementation of many new hoisting machines in mine shaft hoists is the result of the collaboration. Offered products include single-drum machines and two-drum machines as well as single-rope and multi-rope hoisting machines with a drive wheel. KOMAG develops technical documentation of mechanical part of new hoisting machines. Electrical part (power supply and control of machine), hydraulic installations with own hydraulic systems designed for hoisting machines to supply and control of brakes and lubrication of bearings of the main shaft as well as technological documentations are developed by MWM Elektro Sp. z o. o., which is also responsible for assembly and start-up of machines as well as for warranty and post-warranty servicing of these machines with participation of KOMAG's specialists.

1. Wprowadzenie

Ostatnie lata to ścisła współpraca ITG KOMAG z firmą MWM Elektro Sp. z o. o., czołowym, krajowym realizatorem inwestycji, w zakresie szeroko rozumianego transportu szybowego. Jednym z elementów systemu transportu pionowego są maszyny wciągowe, które projektuje ITG KOMAG w zakresie części mechanicznej i MWM Elektro Sp. z o. o. w pozostałym zakresie: elektrycznym, hydraulicznym i technologicznym.

W latach 2010 – 2015 zaprojektowano wspólnie, wykonano i wdrożono następujące maszyny wciągowe:

- maszyny z ciernym sprzężeniem liny na linopędni (maszyny typu Koepe):
 - K-6000/DC-10 m/s – szyb Piotr przedział zachodni KWK „Mysłowice Wesola”,
 - 4L-4000/3900 – szyb R-III przedział skipowy KGHM Polska Miedź S.A. O/ZG Rudna,

- 2L-5000/2400 – szyb R-VII przedział klatkowy KGHM Polska Miedź S.A. O/ZG Rudna,
- maszyny bębnowe:
 - B-4300/DC-8m/s – jednobębnowa maszyna wciągowa przeznaczona do głębinienia szybów (3 wdrożenia: Budryk, Głogów głęboki 2 sztuki),
 - B-1500/Ex/AC-2m/s – jednobębnowa maszyna wciągowa przeznaczona do pogłębiania szybów w wykonaniu przeciwwybuchowym,
 - BB-2500/AC-4m/s – dwubębnowa maszyna wciągowa zastosowana w szybie Daniłowicz i szybie Kinga K.S. Wieliczka (2 wdrożenia).

Kolejne dwie maszyny będące na etapie zabudowy i uruchamiania to:

- jednobębnowa maszyna wciągowa typu B-1200/AC-2m/s, przeznaczona do górniczego wyciągu awaryjno-

rewizyjnego szybu Foch-II JSW S.A. KWK „Knurów-Szczygłowie”,

- wielolinowa maszyna wyciągowa z ciernym sprzężeniem liny na linopędni typu 4L-3600/DC-10m/s, przeznaczona również do szybu Foch-II JSW S.A. KWK „Knurów-Szczygłowie” jako wyciąg główny.

2. Rozwiązania konstrukcyjne stosowane w maszynach wyciągowych z ciernym sprzężeniem liny na linopędni [5, 6]

Maszyny wyciągowe z ciernym sprzężeniem liny z linopędną (typu Koepe), w części mechanicznej konfigurowane są z następujących podzespołów:

- zestawu wału głównego:
 - wał główny z łożyskami,
 - koło lub bęben pędny,
- hamulca składającego się z:
 - stojaków z siłownikami hamulcowymi,
 - elektrohydraulicznego zespołu sterowniczo-zasilającego,
 - instalacji hydraulicznej,
- urządzenia do korekty kształtu rowków wykładziny linopędni,
- osłon bębna,
- wyposażenia dodatkowego (zintegrowanego z częścią mechaniczną maszyny) zawierającego:
 - urządzenie wymuszające dodatkowy spływ oleju wraz z instalacją hydrauliczną,
 - urządzenie do grawitacyjnego opuszczania nadwagi wraz z instalacją hydrauliczną,
 - czujniki kontroli stanu siłownika i zużycia okładziny,
 - czujniki bicia bieżni hamulcowych,
 - czujniki temperatury tarcz hamulcowych,
 - czujnik temperatury łożysk głównych,
 - napędy do kontroli prędkości maszyny i sygnalizacji położenia naczyń w szybie.

Korpusy łożysk zestawu wału głównego stawiane są na belkach i mocowane do fundamentu, w przypadku maszyn zabudowywanych na zrębie lub do konstrukcji wsporczej, w przypadku maszyn instalowanych na wieży górniczego wyciągu szybowego. Belki stanowiące element pośredni pomiędzy fundamentem lub konstrukcją wsporczą w wieży szybowej umożliwiają właściwe wypoziomowanie zestawu wału głównego maszyny wyciągowej.

Linopędnia (bęben lub koło pędne) mocowana jest do kołnierza wału głównego śrubami pasowanymi. Linopędnie wykonywane są jako konstrukcje spawane powłokowe – dzielone, co ułatwia ich transport, jak i montaż na obiekcie. Połówki linopędni są łączone ze

sobą połączeniami skręcany. Płaszcz linopędni połączony jest z pobocznikami, które w swojej środkowej części posiadają piasty do łączenia ich śrubami z kołnierzami wału głównego. Na płaszczu bębna wykonuje się koryta, w których osadza się wykładziny z tworzywa sztucznego współpracujące z liną lub linami nośnymi. W zależności od wymagań użytkownika stosuje się wykładziny trapezowe lub trapezowe dwudzielne, odpowiednio dostosowując sposób ich unieruchamiania w przygotowanych korytach. Do skrajnych pobocznik linopędni przyspawane są pierścienie, do których mocowane są tarcze hamulcowe. Segmenty tarcz hamulcowych zazwyczaj mocowane są za pomocą czterech śrub pasowanych, zlokalizowanych w środkowej części segmentu i kilkunastu lub kilkadziesiątu śrub stabilizujących tarczę względem pierścienia osadczego linopędni. Segmenty tarcz hamulcowych łączone są ze sobą obwodowo blachami osadzonymi w wykonanych w segmentach rowkach, zastępując połączenie segmentów na tzw. „pióro”. Rozwiązanie takie ułatwia właściwe wykonanie połączenia segmentów tarczy ze względu na możliwość obróbki mechanicznej rowków na stykach sąsiadujących ze sobą segmentów tarczy, z jednego zamocowania na obrabiarce.

W ostatnich wykonaniach wały główne maszyn przystosowano do połączenia z wirnikiem silnika za pomocą połączenia wciskowego wykonywanego hydraulicznie. Rozwiązanie takie eliminuje stosowane połączenia wirników silnika za pomocą klinów stycznych, co miało miejsce jeszcze w przypadku maszyny wyciągowej K-6000/DC-16 m/s. Połączenie wirnika silnika z wałem za pomocą połączenia wciskowego wymaga bardzo precyzyjnego wykonania powierzchni stożkowych, tak w piaście wirnika silnika, jak i czopu wału. Weryfikacja poprawności wykonania obu stożków ma miejsce dopiero podczas montażu na obiekcie. Stosowanie precyzyjnych obrabiarek umożliwiających obróbkę mechaniczną długich i ciężkich wałów, jak również odpowiednie przygotowanie technologii wykonania i doświadczenie pracowników w zakładzie wytwórczym, istotnie zmniejsza ryzyko niepoprawnego wykonania elementów. Zaletą połączenia wciskowego wirnika silnika z wałem wykonywanego metodą hydrauliczną jest potencjalne ułatwienie demontażu wirnika z wału np. w przypadku uszkodzenia łożyska tocznego.

Wały główne, w zależności od wymagań użytkownika, projektowane są do współpracy z łożyskami tocznymi lub ślizgowymi. W przypadku stosowania łożysk tocznych proponowane są łożyska baryłkowe dwurzędowe.

Smarowanie łożysk tocznych najczęściej realizowane jest za pomocą smarów stałych, ale również stosowane są instalacje umożliwiające smarowanie obiegowe – olejowe, co zastosowano w maszynie

wyciągowej 4L-4000/3900. Do smarowania łożysk ślizgowych stosuje się wyłącznie smarowanie obiegowe – olejowe. Firma MWM Elektro Sp. z o. o. posiada w swoim asortymencie wyrobów odpowiednie agregaty hydrauliczne do smarowania obiegowego łożysk ślizgowych, jak i tocznych. Korpusy łożysk wyposażane są standardowo w elementy do kontroli temperatury łożysk oraz opcjonalnie w czujniki drgań łożysk, które wykorzystywane są przy diagnozowaniu stanu maszyny.

Zespoły napędowo-robocze hamulców oddziaływujące na dwie tarcze hamulcowe na bębnie stanowią siłowniki (zwalniaki hamulcowe sprężynowe odwodzone hydraulicznie) firmy Svendborg Brakes APS typu BSFG-408 (lub BSFG-408S), wyposażone w okładzinę hamulcową Micke 1203. Są to siłowniki powszechnie stosowane w hamulcach krajowych maszyn wyciągowych. Ich liczba dobierana jest w zależności od parametrów maszyny - nadwagi statycznej. Siłowniki mocowane są do dwóch lub czterech stojaków kotwionych poprzez belkę pośrednią do fundamentu. Każdy siłownik wyposażony jest w czujniki do kontroli stanu siłownika i zużycia okładzin szczęk hamulcowych. Siłowniki hamulcowe połączone są przewodami instalacji hydraulicznej z elektrohydraulicznym zespołem sterowniczo-zasilającym. W zależności od ustaleń z zamawiającym firma MWM Elektro Sp. z o. o. dostarcza własne zespoły zasilająco-sterujące hamulców typu H-C MWM proponując rozwiązanie z tzw. dwuwariantowym realizowaniem hamowania bezpieczeństwa stałym momentem hamującym, lub regulowanym momentem hamującym ze stałym opóźnieniem hamowania. Najczęściej proponowane są dwa agregaty hamulcowe z przełącznicą typu LP, co zapewnia w przypadku niesprawności jednego z nich 100% rezerwę. Do instalacji hydraulicznych firma MWM Elektro Sp. z o. o. proponuje ponadto:

- urządzenie wymuszające dodatkowy spływ oleju typu UWDSO, umożliwiające udrożnienie dodatkowej drogi spływu oleju w sytuacji awaryjnej,
- urządzenie typu GRAVIT przeznaczone do kontrolowanego przemieszczania naczyń wyciągowych bez udziału napędu maszyny wyciągowej w warunkach istnienia różnicy sił występujących w linii nośnej górniczego wyciągu szybowego, czyli do tzw. grawitacyjnego opuszczania nadwagi.

Z częścią mechaniczną maszyny wyciągowej współpracują elementy wykorzystywane do kontroli i sterowania maszyny. Są to:

- mocowane do powierzchni czołowych wału głównego napędy:
 - po stronie bębna pędnego – napęd przetwornika inkrementalnego zintegrowanego z programo-

wałnym wyłącznikiem odśrodkowym i tachoprądnicą, których obudowa unieruchamiana jest względem obudowy korpusu łożyska,

- po stronie silnika – napęd przetwornika inkrementalnego, którego obudowa unieruchamiana jest do wspornika mocowanego na fundamencie,
 - mocowane do stojaków hamulcowych:
 - czujniki do kontroli bicia bieżni tarcz hamulcowych,
 - czujniki do kontroli temperatury tarcz hamulcowych,
- oraz wspomniane już wcześniej czujniki do kontroli stanu siłownika i zużycia okładzin szczęk hamulcowych.

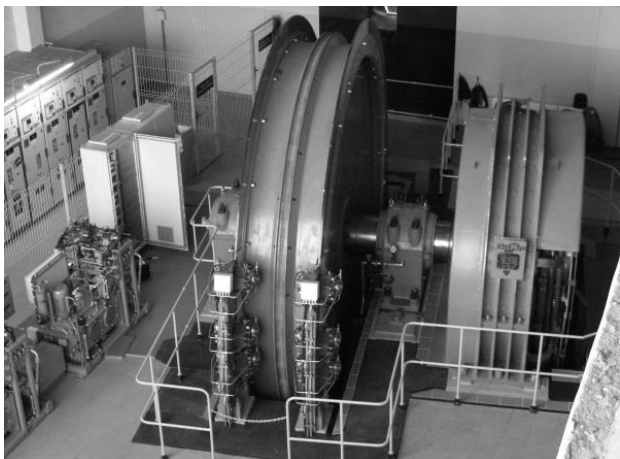
Dodatkowo, maszyny wyciągowe wyposażane są w osłony bębna oraz urządzenia do toczenia rowków, wykorzystywane do czyszczenia wykładziny bębna z odkładającego się na nich smaru, jak również do przeprowadzania korekty kształtu rowka oraz wyrównywania średnic rowków w przypadku maszyn wielolinowych. Elementy te mocowane są do fundamentu lub konstrukcji wsporczej maszyny.

2.1. Maszyna wyciągowa K-6000/DC-16 m/s [1, 2, 5, 6]

Maszyna jednolinowa K-6000/DC-16 m/s z ciernym sprzężeniem liny nośnej zabudowana została na zrębie szybu. Przeznaczona jest do transportu urobku lub materiałów oraz jazdy ludzi.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- średnica linopędni 6000 mm,
- moc znamionowa silnika 2000 kW,
- średnica nominalna liny nośnej 60 mm,
- liczba lin nośnych 1,
- głębokość ciągnięcia 865 m,
- maksymalna siła zrywająca linę nośną 2800 kN,
- maksymalna siła w linie nośnej 420 kN,
- maksymalna nadwaga statyczna 120 kN,
- maksymalna siła w dwóch gałęziach liny 720 kN,
- maksymalna prędkość jazdy 16 m/s,
- hamulec tarczowy
 - liczba par siłowników 6 (2 stojaki po 3 pary siłowników),
 - typ siłowników BSFG 408S,
 - zespół zasilająco-sterujący hamulca dwuwariantowy,
 - ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego 15,5 MPa,
 - okładzina hamulcowa Micke 1203,
- łożyskowanie wału łożyska ślizgowe,
- wykładzina bębna modar - dwudzielna,
- masa maszyny ok. 80 000 kg.



Rys. 1. Maszyna wyciągowa K-6000/DC-16 m/s
[źródło: własne]

2.2. Maszyna wyciągowa 4L-4000/3900 [5, 6]

Maszyna wyciągowa 4L-4000/3900 zainstalowana jest na wieży górniczego wyciągu szybowego skipowego.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- średnica linopędni 4000 mm,
- moc znamionowa silnika 3900 kW,
- średnica nominalna liny nośnej 40 mm,
- liczba lin nośnych 4,
- głębokość ciągnięcia 1000 m,
- maksymalna siła zrywająca 1 linę nośną 1350 kN,
- maksymalna siła w linach nośnych 700 kN,
- maksymalna nadwaga statyczna 250 kN,
- maksymalna prędkość jazdy 16 m/s,
- hamulec tarczowy
 - liczba par siłowników 10 (2 stojaki po 2 pary siłowników, 2 stojaki po 2 pary siłowników),
 - typ siłowników BSFG 408,
 - zespół zasilająco-sterujący hamulca z regulowanym momentem hamującym (stałym opóźnieniem hamowania) podczas transportu urobku,
 - ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego 14,5 MPa,
 - okładzina hamulcowa Micke 1203,
- łożyskowanie wału łożyska toczne (smarowane obiegowo),
- wykładzina bębna Becorit,
- masa maszyny ok. 66 000 kg.



Rys. 2. Maszyna wyciągowa 4L-4000/3900
[źródło: własne]



Rys. 3. Elektrohydrauliczny zespół zasilająco-sterujący hamulca H-C MWM-4/VER.III z przełącznicą LP-4
[źródło: własne]

2.3. Maszyna wyciągowa 2L-5000/2400 [5, 6]

Maszyna wyciągowa 2L-5000/2400 zainstalowana jest na zrębie górniczego wyciągu szybowego klatkowego.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- średnica linopędni	5000 mm,
- moc znamionowa silnika	2400 kW,
- średnica nominalna liny nośnej	52 do 58 mm,
- liczba lin nośnych	2,
- głębokość ciągnięcia	1100 m,
- maksymalna siła zrywająca 1 linę nośną	2536 kN,
- maksymalna siła w linach nośnych	700 kN,
- maksymalna nadwaga statyczna	140 kN,
- maksymalne obciążenie dwóch gałęzi lin	1300 kN,
- maksymalna prędkość jazdy	12 m/s,
- hamulec tarczowy	
• liczba par siłowników	8 (4 stojaki po 2 pary siłowników),
• typ siłowników	BSFG 408,
• zespół zasilająco-sterujący hamulca dwuwariantowy z funkcją hamowania zmiennym momentem hamującym,	
• ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego	14,5 MPa,
• okładzina hamulcowa	Micke 1203,
- łożyskowanie wału	łożyska toczne,
- wykładzina bębna	Becorit,
- masa maszyny	ok. 67 000 kg (bez silnika),
- masa silnika	57 400 kg.



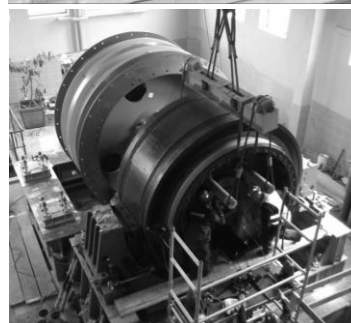
Rys. 4. Maszyna wyciągowa 2L-5000/2400
[źródło: własne]

2.4. Maszyna wyciągowa 4L-3600/DC-10 m/s [5, 6]

Maszyna wyciągowa 4L-3600/DC-10 m/s w budowie jest elementem górniczego wyciągu szybowego, który przewidziany jest do jazdy ludzi, wydobywania, transportu materiałów, jazdy osobistej, rewizji szybu, jazdy brygad szybowych, prac szybowych i rewizji elementów wyciągu.

Podstawowe parametry maszyny wyciągowej są następujące:

- średnica nawijania liny na linopędni	3600 mm,
- moc silnika	2900 kW,
- nominalna średnica liny nośnej	38 mm,
- liczba lin nośnych	4,
- głębokość ciągnięcia	850 m,
- maksymalna siła zrywająca 1 linę	1000 kN,
- maksymalna siła w linach nośnych	600 kN,
- maksymalna nadwaga statyczna	120 kN,
- maksymalne obciążenie dwóch gałęzi lin	1100 kN,
- maksymalna prędkość jazdy	10 m/s,
- hamulec tarczowy	
• liczba par siłowników	8 (4 stojaki po 2 pary siłowników),
• typ siłowników	BSFG 408,
• zespół zasilająco-sterujący hamulca dwuwariantowy,	
• ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego	14,5 MPa,
• okładzina hamulcowa	Micke 1203,
- łożyskowanie wału	łożyska toczne,
- wykładzina bębna	Becorit,
- masa maszyny	ok. 53 000 kg (bez silnika).



Rys. 5. Maszyna wyciągowa 4L-3600/DC-10m/s - w budowie
[źródło: własne]

Maszyna została zabudowana na wieży konstrukcji żelbetowej górniczego wyciągu szybowego. Aby nie naruszyć w istotny sposób konstrukcji wieży konieczne było wyniesienie maszyny powyżej żelbetowych belek nośnych wieży. W związku z powyższym koniecznym było zaprojektowanie i wykonanie stalowej konstrukcji wsporczej, którą zamocowano do wieży. Do konstrukcji, składającej się z dwóch niezależnych części zamocowano: do jednej, zestaw wału głównego maszyny i stojaki hamulcowe, a do drugiej stojan silnika.

3. Rozwiązania konstrukcyjne stosowane w maszynach bębnowych [5, 6]

Maszyny wyciągowe bębnowe to maszyny z napędem pośrednim, w których stosuje się przekładnię zębatą i szybkoobrotowy silnik prądu stałego lub zmiennego.

W zakresie budowy zestawu wału głównego maszyny wyciągowe jedno lub też dwubębnowe wyposażane są w bębny nawojowe przewidziane do wielowarstwowego nawijania liny. Liczba warstw jest zależna od wymaganej głębokości ciągnięcia oraz wymaganego obciążenia maszyny. Planowane obciążenie liny wpływa na jej wymaganą wytrzymałość, co bezpośrednio wiąże się ze średnicą liny, a to przekłada się na średnicę bębna, zgodnie z wymaganiami przepisów określającymi minimalny stosunek średnicy bębna do średnicy liny, w zależności od rodzaju wyciągu. Szerokość strefy nawojowej liny na bębnie musi być dobrana tak, aby spełnić warunki prawidłowego nawijania się liny na bębnie w kolejnych warstwach. Warunki te podyktowane są wymaganiami przepisów odnoszącymi się co do maksymalnego i minimalnego kąta nabiegu liny przy obrzeżu, w stosunku do płaszczyzny prostopadłej do osi wału i przechodzącej przez środek koła linowego. Kąt ten, według wymagań przepisów, winien być nie mniejszy niż $0^{\circ}20'$ i nie większy niż $1^{\circ}20'$ lub też spełniać wymagania dodatkowe określone przez np. producenta wykładziny bębnowej np. firmę LEBUS International Engineers GmbH. W maszynach bębnowych produkowanych przez firmę MWM Elektro Sp. z o. o. stosowane są wykładziny stalowe firmy LEBUS z opatentowanym sposobem ich rowkowania tj. z rowkami równoległymi, z podwójnym, skośnym przegięciem liny. Wykładziny z tego typu rowkowaniem zapewniają łagodne wypiętrzanie się liny i jej przejście z warstwy na warstwę bez zakleszczania się przy obrzeżach. Wykładziny stalowe Lebus z tego typu rowkowaniem są powszechnie stosowane nie tylko w maszynach wyciągowych bębnowych stosowanych w górnictwie, ale też szeroko w innych gałęziach przemysłu dźwigowego.

Bębny nawojowe łączone są z wałami, podobnie jak w maszynach typu Koepe, kołnierzowo, z zastosowaniem śrub pasowanych. Wały osadzone są w łożyskach tocznych baryłkowych dwurzędowych

(najczęściej firmy SKF). Korpusy łożysk mocowane są do ramy głównej maszyny. W przypadku małych maszyn bębnowych rama zestawu wału głównego stanowi zwartą całość lub składa się z dwóch niezależnych ram: ramy pod zestaw wału głównego i ramy pod zespół napędu: silnik i przekładnię. W przypadku większych maszyn bębnowych (np. B-4300/DC-8m/s) lub maszyn dwubębnowych korpusy łożysk mocowane są do fundamentu poprzez niezależne belki podłożyskowe. Ramy zestawu wału głównego małych maszyn bębnowych mają przystosowane miejsce do zamocowania stojaków hamulcowych. W większych maszynach bębnowych stojaki hamulcowe, poprzez belki, mocowane są do fundamentu.

Wały główne łączone są z zespołem napędowym sprzęgłami zębatymi. Wyjątkiem jest tutaj maszyna B-1500/Ex/Ac-2m/s, która ze względu na przewidywalne stosowanie w wielu miejscach do głębinienia lub pogłębiania szybów, będzie podlegała demontażom i montażom. Ułatwienie montażu uzyskano dzięki zastosowaniu przekładni zębatej umożliwiającej osadzenie jej bezpośrednio na wale głównym, a przeniesienie ruchu obrotowego i momentu obrotowego realizowane jest poprzez połączenie wielowypustowe. Pomiędzy wałkiem szybkoobrotowym przekładni, a wałkiem silnika stosowane są sprzęgła elastyczne.

Zespoły napędowe maszyn produkowanych przez firmę MWM Elektro Sp. z o. o. oparte są o elementy produkowane przez firmę Siemens – Flender, są to: sprzęgła elastyczne typu Rupex sprzęgła zębate typu Zapex oraz przekładnie zębate dobierane z szerokiej oferty producenta umożliwiającej dopasowanie elementów do określonych parametrów maszyny wyciągowej.

Zespoły napędowo-robocze hamulców stanowią, podobnie jak w dużych maszynach, siłowniki hamulcowe firmy Svendborg Breakes typu BSFG. W zależności od potrzeb stosowane są siłowniki wielkości BSFG-408, BSFG-408S lub BSFG-405, różniące się między sobą siłą docisku do tarcz hamulcowych zależną od charakterystyk stosowanych w nich sprężyn talerzowych. Nie wpływa to istotnie na konstrukcje agregatów zasilająco-sterujących hamulców, a jedynie na parametry ich nastaw, co pozwala firmie MWM Elektro Sp. z o. o. stosować takie same lub zbliżone strukturalnie zespoły zasilająco-sterujące typu H-C MWM oraz dodatkowe urządzenia, takie jak UWDSO i Gravit.

Z częścią mechaniczną maszyny wyciągowej współpracują elementy wykorzystywane do kontroli i sterowania maszyny i są to:

- mocowane do powierzchni czołowej wału głównego napęd przetwornika inkrementalnego zintegrowanego z programowalnym wyłącznikiem odśrodkowym i tachoprądnicą, których obudowa unieruchamiana jest względem obudowy korpusu łożyska,

- zintegrowany z silnikiem napęd przetwornika inkrementalnego,
- mocowane do stojaków hamulcowych:
 - czujniki do kontroli bicia bieżni tarcz hamulcowych,
 - czujniki do kontroli temperatury tarcz hamulcowych,
- mocowane do obudowy siłowników czujniki do kontroli stanu siłownika i zużycia okładzin szczęk hamulcowych.

3.1. Maszyna wyciągowa B-4300/DC-8 m/s [1, 2, 5, 6]

Maszyna wyciągowa jednobębnowa, jednolinowa B-4300/DC-8m/s zabudowana została na zrębie szybu. Maszyna przewidziana jest do stosowania przy głębieniu lub pogłębianiu szybów. Przeznaczona jest do transportu urobku lub materiałów oraz jazdy ludzi.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- średnica linopędni 4300 mm,
- moc znamionowa silnika 2x1040 kW,
- średnica nominalna liny nośnej 41 mm,
- liczba nawijanych warstw 4,
- głębokość ciągnięcia 1500 m,
- maksymalna siła zrywająca linę nośną 1900 kN,
- maksymalna siła w linie nośnej 240 kN,
- maksymalna prędkość jazdy 8 m/s,
- hamulec tarczowy
 - liczba par siłowników 8 (4 stojaki po 2 pary siłowników),
 - typ siłowników BSFG 408S,
 - zespół zasilająco-sterujący hamulca dwuwariantowy,
 - ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego 15,5 MPa,
 - okładzina hamulcowa Micke 1203,
- łożyskowanie wału łożyska toczne,
- wykładzina bębna stalowa (z rowkowaniem typu Lebus)
- masa maszyny ok. 84 500 kg.



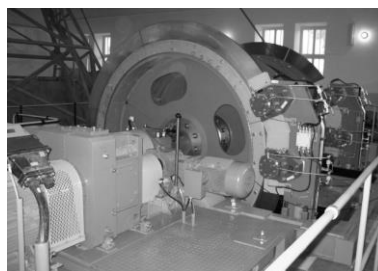
Rys. 6. Maszyna wyciągowa B-4300/DC-8m/s
[źródło: własne]

3.2. Maszyna wyciągowa BB-2500/AC-4 m/s [2, 4, 5, 6]

Maszyny wyciągowe dwubębnowe typu BB-2500/DC-4m/s zaprojektowane zostały do szybów Kinga i Daniłowicz KS Wieliczka. Maszyny o bardzo zbliżonej do siebie konstrukcji zostały dopasowane do warunków ruchowych obu szybów oraz lokalnych warunków ich zabudowy.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- średnica linopędni 2500 mm,
- moc znamionowa silnika 160 kW,
- średnica nominalna liny nośnej 41 mm,
- liczba nawijanych warstw 2,
- głębokość ciągnięcia 300 m,
- maksymalna siła zrywająca linę nośną 1900 kN,
- maksymalna siła w linie nośnej 63 kN,
- maksymalna nadwaga statyczna 30 kN,
- maksymalna prędkość jazdy 4 m/s,
- hamulec tarczowy
 - liczba par siłowników 4 (2 stojaki po 2 pary siłowników),
 - typ siłowników BSFG 405,
 - zespół zasilająco-sterujący hamulca dwuwariantowy,
 - ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego 10,5 MPa,
 - okładzina hamulcowa Micke 1203,
- łożyskowanie wału łożyska toczne,
- wykładzina bębna stalowa (z rowkowaniem typu Lebus)
- masa maszyny ok. 37 500 kg.



a) szyb Kinga



b) szyb Daniłowicz

Rys. 7. Maszyna wyciągowa BB-2500/AC-4m/s
[źródło: własne]

W maszynach tych zastosowano dodatkowo niezależne napędy awaryjne umożliwiające zasilanie maszyny i kontynuowanie ruchu w przypadku braku zasilania centralnego kopalni z agregatu prądotwórczego. Rozwiązanie to pozwala prowadzić jazdę ludzi w przypadku całkowitego odcięcia zasilania elektrycznego kopalni (co miało miejsce parę lat temu) i zapewnić turystom bezpieczne opuszczenie podziemi kopalni.

3.3. Maszyna wyciągowa B-1500/Ex/AC-2 m/s [3, 5, 6]

Jednym z ciekawszych rozwiązań jest maszyna wyciągowa jednobębnowa, w wykonaniu przeciwwybuchowym, przeznaczona do głębienia i pogłębiania szybów oraz do prowadzenia prac związanych np. ze zbrojeniem i przezbieraniem szybów. Maszyna przewidziana jest do prowadzenia jazdy ludzi, ciągnięcia urobku, transportu materiałów i rewizji szybów i wykonywania prac szybowych. Maszyna spełnia wymagania urządzeń grupy I kategorii M2 dyrektywy ATEX, co umożliwia jej stosowanie w podziemnych zakładach górniczych w wyrobiskach ze stopniem „a”, „b” i „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz w wyrobiskach klasy „A” i „B” zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- moc silnika 132 kW,
- prędkość obrotowa silnika 1480 obr./min,
- nominalna średnica nawojowa liny w pierwszej warstwie 1500 mm,
- maksymalna siła statyczna w linie nośnej 50 kN,
- maksymalna siła zrywająca linę nośną 440 kN,
- maksymalna prędkość jazdy 2 m/s,
- hamulec tarczowy
 - liczba par siłowników 4 (4 stojaki po 1 parze siłowników),
 - typ siłowników BSFG 405,
 - zespół zasilająco-sterujący hamulca jednowariantowy,
 - ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego 10,5 MPa,
 - okładzina hamulcowa Micke 1203,
- całkowita masa maszyny ~15850 kg,
- zalecana odległość maszyny od koła linowego min. 15 m - max. 30 m.



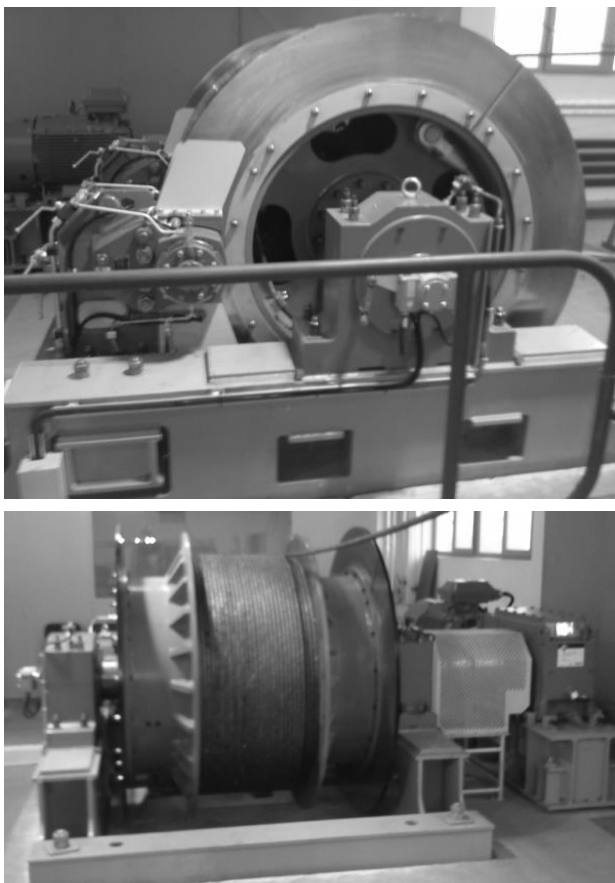
Rys. 8. Maszyna wyciągowa B-1500/Ex/AC-2 m/s
[źródło: własne]

3.4. Maszyna wyciągowa B-1200/AC-2 m/s [5, 6]

Maszynę zastosowano w wyciągu pomocniczym.

Podstawowe parametry maszyny są następujące:

- moc silnika 75 kW,
- prędkość obrotowa silnika 1500 obr./min,
- średnica nawojowa liny w pierwszej warstwie na bębnie 1200 mm,
- maksymalna liczba warstw liny nośnej nawiniętej na bęben 8,
- nominalna średnica liny nośnej 22 mm,
- maksymalna siła zrywająca linę nośną 297 kN,
- maksymalna siła statyczna w linie nośnej 35 kN,
- głębokość ciągnięcia 900 m,
- maksymalna prędkość jazdy 2 m/s,
- hamulec tarczowy
 - liczba par siłowników 2 (2 stojaki po 1 parze siłowników),
 - typ siłowników BSFG 405,
 - zespół zasilająco-sterujący hamulca dwuwariantowy,
 - ciśnienie robocze zespołu zasilająco-sterującego 10,5 MPa,
 - okładzina hamulcowa Micke 1203,
- całkowita masa maszyny ~12600 kg,
- odległość maszyny od koła linowego na wieży min. 15 m - max. 50 m.



Rys. 9. Maszyna wyciągowa B-1200/AC-2 m/s
[źródło: własne]

4. Podsumowanie

Współpraca ITG KOMAG z firmą MWM Elektro Sp. z o. o. w ostatnich latach zaowocowała powstaniem wielu nowych rozwiązań maszyn wyciągowych, począwszy od dużych maszyn wyciągowych jedno i wielolinowych z ciernym sprzężeniem liny na linopędni, jak i mniejszych maszyn jedno i dwubębnowych.

W wyniku zrealizowanych projektów oraz uruchomienia i nadzorowania w trakcie eksploatacji maszyn, dopracowano się wspólnie wysokich standardów, tak w zakresie projektowania, jak i tworzenia dokumentacji technicznej. Doświadczenia nabyte podczas uruchamiania obiektów wpływają na wprowadzanie udoskonaleń w konstrukcjach maszyn, podnosząc ich niezawodność, jak również ułatwiając montaż maszyn na obiektach.

Wypracowano również standardy współpracy pomiędzy ITG KOMAG, MWM Elektro Sp. z o. o. oraz

głównym wykonawcą części mechanicznej maszyn tj. Hutą Zabrze przy produkcji oraz odbiorach maszyn z Zakładu Wytwórczego. Przekłada się to na wysoką jakość maszyn oraz zminimalizowanie problemów technicznych, mogących pojawić się podczas montażu na obiekcie. Dobra współpraca przynosi pozytywne efekty, zwłaszcza w stosunkowo krótkich okresach czasu przewidzianych przez użytkowników na zatrzymanie ruchu górniczego wyciągu szybowego.

Firma MWM Elektro Sp. z o. o. prowadzi intensywne działania mające na celu znalezienie nabywców swoich maszyn nie tylko na krajowym rynku, ale również poza granicami naszego kraju, co przekłada się na ugruntowanie jej pozycji jako lidera rynku krajowego oraz podmiotu, który coraz intensywniej i skuteczniej zaczyna operować na rynkach zagranicznych.

Literatura

1. Kowal L., Turewicz K., Barańska H., Helmrich P.: Nowe maszyny wyciągowe przeznaczone do stosowania w górniczych wyciągach szybowych. Transport Szybowy 2011, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 97-114.
2. Kowal L.: Nowoczesne maszyny wyciągowe i ich wyposażenie na przykładzie efektów współpracy ITG KOMAG z przemysłem. Maszyny Górnicze 2013 nr 2 s. 61-70.
3. Madej M., Radowski R., Kowal L., Turewicz K., Helmrich P.: Nowa maszyna wyciągowa B-1500/Ex/AC-2m/s przeznaczona do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Transport Szybowy 2013, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 201-214.
4. Ryndak P., Długaj J., Miłek R., Kowal L., Turewicz K., Helmrich P., Wojciechowski D.: Kompleksowa modernizacja górniczego wyciągu szybowego szybu Kinga Kopalni Soli Wieliczka SA. Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie. Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego sp. z o.o., Łędziny 2013 s. 62-73.
5. Dokumentacje techniczne maszyn wyciągowych - ITG KOMAG.
6. Dokumentacje techniczne maszyn wyciągowych - MWM Elektro Sp. z o. o.
7. Karty katalogowe - Siemens Flender.
8. Karty katalogowe - Svendborg Brakes APS.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

Współpraca KOMAG-u i FUGOR-u w zakresie opracowywania i wdrażania innowacyjnych maszyn do przeróbki surowców mineralnych

Streszczenie

Proces modernizacji zakładów przeróbczych, związany jest z opracowywaniem nowych maszyn i urządzeń oraz technologii pozwalających na uzyskanie coraz lepszych efektów produkcyjnych i ekonomicznych. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, w ostatnich latach, współpracuje w tym zakresie z Fabryką Urządzeń Górniczych „FUGOR” Sp. z o. o. w Krotoszynie. W artykule przedstawiono urządzenia zaprojektowane w KOMAG-u i dostarczone użytkownikom przez FUGOR. Zaprezentowano również przykładowe wdrożenia opisanych maszyn.

Słowa kluczowe: przeróbka węgla kamiennego, modernizacja zakładów przeróbczych, maszyny i urządzenia do przeróbki węgla

Keywords: hard coal processing, modernization of processing plants, machines and equipment for coal processing

Summary

Modernization of processing plants consists in development of new machines and equipment as well as technologies enabling to obtain higher production and higher benefits. KOMAG Institute of Mining Technology has been collaborated in this field with the Plant for Production of Mining Equipment "FUGOR", Private Limited Company in Krotoszyn, Poland for the last few years. Machines designed at KOMAG and delivered to the users by FUGOR are presented. Examples of implementation of the described machines are given.

1. Wprowadzenie

Modernizacja zakładów przeróbki mechanicznej kopalń węgla kamiennego wymusza dostosowanie maszyn i urządzeń, pozwalających na uzyskanie lepszej jakości produktów i zwiększenia efektów ekonomicznych. KOMAG od wielu lat specjalizuje się w opracowywaniu nowych rozwiązań w ww. obszarze, obejmującym: procesy wzbogacania, klasyfikacji, kruszenia, odwadniania, zagęszczenia, transportu i próbobrania.

Dla powyższego zakresu, partnerem Instytutu KOMAG współpracującym w procesie produkcji i wdrażania nowych maszyn jest Fabryka Urządzeń Górniczych FUGOR w Krotoszynie.

Jej początkowym efektem, w roku 2005, było rozpoczęcie produkcji typoszeregu kruszarek udarowo-pierścieniowych typu UP/UPK, urządzeń przeznaczonych do rozdrabniania produktów wzbogacania.

W ostatnim okresie firma FUGOR rozpoczęła produkcję zmodernizowanej w ITG KOMAG, wirówki typu WOW 1.3 i 1.4, urządzenia wykorzystywanego m.in. do końcowego odwadniania produktu koncentratowego mialowych osadzarek pulsacyjnych.

Firma FUGOR produkuje również przenośniki kulekowe do odwadniania produktów wzbogacania osadzarek pulsacyjnych. Na podstawie dokumentacji, opracowanej przez Instytut KOMAG, produkuje różne typy mieszalników m.in. MW 1400, który jest przeznaczony do mieszania mułków węglowych i rozdrabniania placków filtracyjnych.

Kolejnymi urządzeniami produkowanymi przez FUGOR, w oparciu o dokumentacje techniczne opracowane przez Instytut KOMAG, są młyny kulowe MW 900x900 oraz 900x1800, pionowe odwadniarki NAEL, rozdrabniacze placków filtracyjnych MR300, wzbogalniki DISA oraz kruszarki wstępnego kruszenia KWK100. Wszystkie urządzenia znajdują szerokie zastosowanie w kopalniach należących do JSW S.A., Kompanii Węglowej S.A. i kopalni Lubelski Węgiel S.A.

2. Osadzarki pulsacyjne

W Instytucie KOMAG opracowywane są dokumentacje osadzarek do wzbogacania [4] różnych klas ziarnowych: mialowych - OM (rys. 1 i 2) przeznaczonych dla ziaren 20-0 (0,5) mm, średnioziarnowych - OS przeznaczonych dla ziaren 80(50)-0(0,5) mm i ziarnowych - OZ przeznaczonych dla ziaren 120-20 mm.



Rys. 1. Przykładowa osadzarka pulsacyjna dwukorytowa OM30 [5]



Rys. 2. Osadzarka mialowa OM30 KWK Sośnica w trakcie montażu

Ich konstrukcje są stale modernizowane pod względem geometrii kształtu skrzyń dolnych, mocowania pokładów sitowych, usprawnienia urządzeń automatycznej regulacji odbioru produktów ciężkich, zaworów pulsacyjnych oraz kolektorów powietrza roboczego. Cechuje je budowa modułowa (jednostką jest sekcja – przedział), która umożliwia tworzenie maszyn o wymaganej wielkości i wydajności, jedno lub dwukorytowych.

W skład przedziałów roboczych wchodzi skrzynie dolne oraz skrzynie górne (koryta) robocze. Skrzynie górne pojedynczego przedziału osadzarki wyposażone są w pokłady sitowe, kolektory powietrza roboczego, zespół rozrządu powietrza pulsacyjnego i urządzenia odbioru produktów wzbogacania [1].

Wzbogacanie w osadzarkach polega na wykorzystaniu różnic w prędkości opadania ziaren w wodzie, zależnej od ich gęstości, rozmiaru i kształtu. Wzbogacany materiał podlega cyklicznemu rozluźnianiu w pulsacyjnym ośrodku wodnym, co powoduje jego rozwarstwienie i transport po powierzchni pokładu sitowego, w kierunku strefy rozdziału produktów wzbogacania.

Poprzez poddawanie materiału wielokrotnym pulsacjom uzyskuje się rozdział materiału na warstwy, od ziaren o największej prędkości opadania, usytuowanych na pokładzie sitowym, do ziaren o najmniejszej prędkości opadania, wynoszonych na powierzchnię wzbogacanego materiału [2].

Na podstawie sygnałów pomiarowych i reakcji układu odbioru produktów wzbogacania następuje rozdzielanie wzbogacanego materiału na produkt górny (koncentratowy), który przepływa nad progiem przelewowym, kończącym pojedynczy przedział osadzarki oraz produkt dolny (odpadowy), odprowadzany kanałem odbiorczym usytuowanym poniżej pokładu sitowego, w układzie odprowadzania produktów [1, 3].

W tabeli 1 przedstawiono osadzarki zaprojektowane przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG w latach 2005-2015.

Firma FUGOR jest jednym z wykonawców osadzarek wykonanych w oparciu o technologię i dokumentację Instytutu KOMAG.

Osadzarki zaprojektowane przez KOMAG w latach 2005-2015

Tabela 1

Lp.	Kopalnia	Typ	System sterowania	Sztuk/Typ
1.	KWK Rydułtowy	OM20	EMAG	1 jednokorytowa
2.	KWK Szczygłowiec	OM30	BGG	1 dwukorytowa
3.	KWK Rydułtowy	OM20 nierdzewna	EMAG	1 dwukorytowa
4.	KWK Halemba	OM30	BGG	1 dwukorytowa
5.	KWK Halemba	OZ18	BGG	1 dwukorytowa
6.	KWK Jas-Mos	OM18 3x8	BGG	1 jednokorytowa
7.	KWK Sośnica	OM30	KOGASTER	1 dwukorytowa
8.	KWK Krupiński	OS18	KOGASTER	6 jednokorytowych

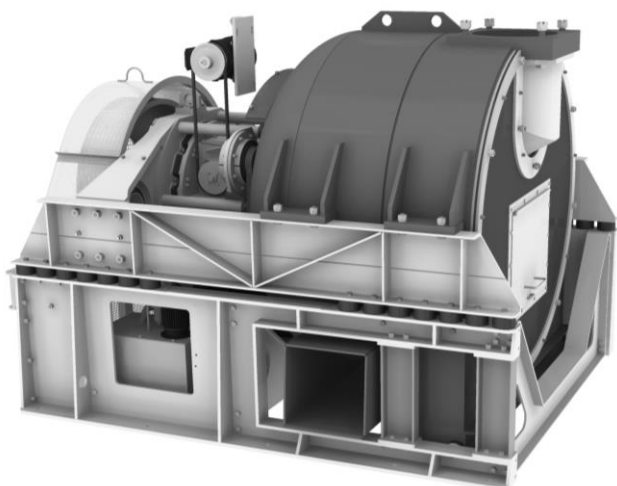
3. Wirówka wibracyjna WOW

Wirówki wibracyjne (rys. 3) stosowane są powszechnie do końcowego odwadniania mialu węglowego o uziarnieniu 20-0 mm i zawartości wody 15-35 %. Skuteczne odwodnienie materiału poprawia zarówno skład ziarnowy mialu, jak i jego parametry jakościowe. Odwadnianiu towarzyszy oddzielenie najdrobniejszych frakcji (zazwyczaj poniżej 0,5 lub 0,75 mm) zawierających maceraty węgla, przerosty węglowe i skalę płonną [4].

Zawartość wilgoci w miale węglowym w sposób pośredni wpływa również na pozostałość popiołu oraz bezpośrednio oddziałuje na uzyskaną wartość opałową.

W Instytucie KOMAG opracowano nowe rozwiązania wirówek odwadniających wibracyjnych typu WOW, wykorzystywane w zakładach mechanicznej przeróbki węgla do końcowego odwadniania mialu węglowego, najczęściej po wstępnym odwodnieniu na sitach odśrodkowych.

Zawartość wilgoci przemijającej W_{ex} w odwodnionym materiale zależna jest od rodzaju i obciążenia nadawą oraz od regulowanych parametrów pracy i zawiera się w granicach 5 - 9%. Charakterystykę typoszereregu wirówek odwadniających opracowanych w KOMAG-u przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 3. Wirówka wibracyjna odwadniająca typ WOW 1.3 [7]

Urządzenia te już znalazły szerokie zastosowanie, które z powodzeniem wdrażał FUGOR w kopalniach należących do JSW S.A. (KWK Borynia-Zofiówka-Jastrzębie, 2 sztuki), Kompanii Węglowej (KWK Sośnica, 1 sztuka) i w kopalni Lubelski Węgiel S.A (5 sztuk).

Dane techniczne wirówek wibracyjnych typu WOW 1.3/1.4F konstrukcji KOMAG [7]

Tabela 2

Wyszczególnienie	Jedn.	Typ wirówki
		WOW-1,3/1.4F
Wydajność	t/h	250
Wielkość ziaren nadawy	mm	20-0
Średnica kosza wirówki	mm	1320
Szczelina sita	mm	0,35-0,75
Silnik główny	kW	55,0
Silnik wibratora	kW	5,5
Prędkość obrotowa kosza sitowego	min ⁻¹	320
Częstotliwość drgań kosza sitowego	Hz	20 - 32
Amplituda drgań kosza sitowego	mm	2-6
Silnik pompy olejowej	kW	0,37
Zasilanie	V	500
Masa maszyny	kg	7600

4. Wzbogacalnik zawieszinowy DISA

Wzbogacalniki zawieszinowe typu DISA konstruowane w ITG KOMAG przeznaczone do wzbogacania w cieczy ciężkiej (np.: magnetykowej) materiału o uziarnieniu 200-20 mm.

Głównym zespołem wzbogacalnika jest koryto robocze (kadź). Po jednej stronie kadzi znajduje się wlot nadawy, a po drugiej przelew cieczy ciężkiej, z odprowadzeniem frakcji pływającej.

W płaszczyźnie prostopadłej do lustra cieczy, w korycie roboczym, pracuje zawieszona na taśmie koło wynoszące, wykonane w kształcie pierścienia otwartego od wewnątrz i wyposażone w skośne przegrody, w postaci rusztów szczelinowych umożliwiających przeciekanie cieczy.

Dla ułatwienia przejścia frakcji pływającej przez próg przelewowy koryta roboczego zastosowany jest obrotowy wygarniacz z niezależnym napędem.

Działanie wzbogacalnika cieczy ciężkiej zawieszinowej polega na tym, że nadawa kierowana do wzbogacalnika ulega rozdziałowi na frakcję pływającą (o gęstości mniejszej od gęstości cieczy) i tonącą wewnątrz koryta roboczego z cieczą ciężką. Frakcja pływająca przesuwana się z prądem cieczy ciężkiej w kierunku przelewu, gdzie za pomocą wygarniacza kierowana jest na zewnątrz wzbogacalnika. Natomiast frakcja tonąca, po opadnięciu do przegród koła wynoszącego, wyniesiona zostaje na pewną wysokość.

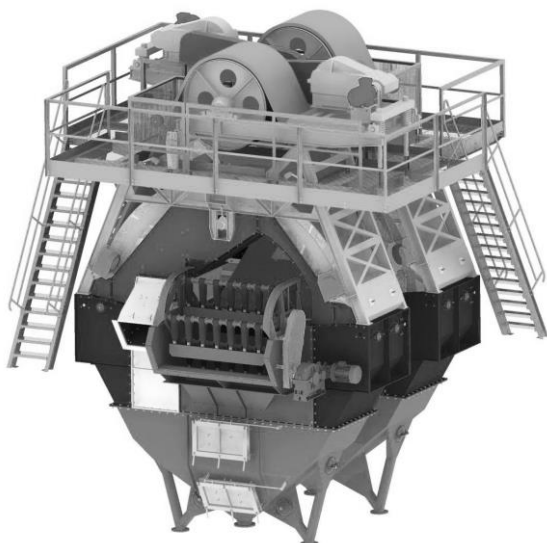
Po przekroczeniu naturalnego kąta zsypu przez materiał znajdujący się w kole wynoszącym, następuje jego zsuwanie do zsuwni odprowadzającej frakcję tonącą, za pomocą, której odprowadzany jest również na zewnątrz wzbogalnika [4, 6].

W zakładach mechanicznej przeróbki węgla stosowane są następujące rodzaje wzbogalników zawieszinowych:

- DISA 2S (rys. 4), przeznaczone do wzbogacania dwuproduktowego,
- DISA 3S (rys. 5), przeznaczony do wzbogacania trójproduktowego.



Rys. 4. Wzbogalnik dwuproduktowy DISA 2S [6]



Rys. 5. Wzbogalnik trójproduktowy DISA 3S [6]

FUGOR w oparciu o dokumentację Instytutu KOMAG, dostarczył wzbogalnik w cieczy zawieszinowej typu DISA 2S 3200 dla KWK Knurów-Szczygłowice. Wykonuje również wiele elementów części zamiennych do wzbogalników typu DISA.

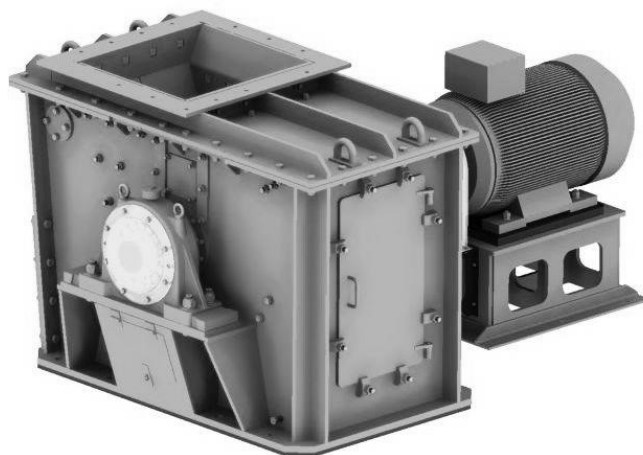
5. Kruszarki pierścieniowe

W KOMAG-u opracowano typoszereg tych urządzeń, co umożliwia ich dobór, w zależności od wymagań użytkownika i uwarunkowań procesowych. Na rysunku 6 przedstawiono kruszarkę pierścieniową UP/UPK.

Aktualnie produkowane są 3 typy kruszarek udarowo pierścieniowych: UPK 1500x1000, 1000x1000 oraz 700x1000 w dwóch wersjach układu napędowego: z przystawką napędową lub z napędem bezpośrednim.

Kruszarki pierścieniowe UP/UPK przewidziane zostały do procesu technologicznego kruszenia produktów wzbogacania, a w szczególności do kruszenia koncentratu, przerostów i kamienia płuczkowego o uziarnieniu 200(300) – 20(0) [8].

Rozdrabnianie materiału w kruszarkach UP/UPK następuje poprzez uderzanie ziaren szybko obracającymi pierścieniami, osadzonymi na wale, i ich odrzut z dużą siłą na wykładziny stalowe, zabudowane na płycie oporowej, przez co ulegają wstępnemu skruszeniu. W wyniku skruszenia następuje zmniejszenie średnicy ziaren nadawy, które przechodząc ulegają dalszemu skruszeniu na rusztowinie, gdzie przepadają przez szczeliny rusztu do zsuwni odbiorczej, zabudowanej pod obudową dolną korpusu. Trudne do skruszenia wtrącenia wpadają do komory odpadów, skąd są usuwane okresowo w czasie postoju.



Rys. 6. Kruszarka UPK 1000x700 [8].

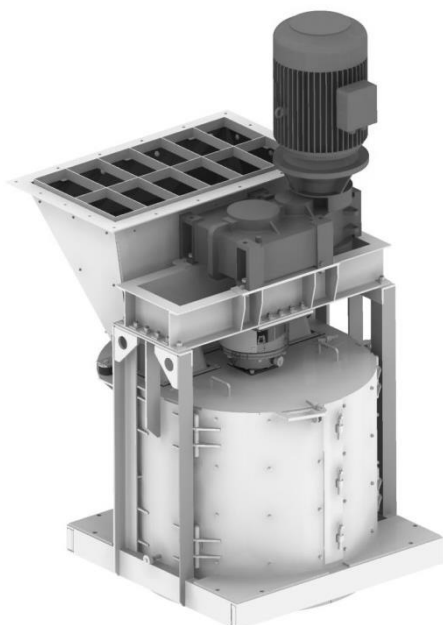
FUGOR wdrożył kilkadziesiąt urządzeń tego typu, które aktualnie są eksploatowane m.in. w kopalni Lubelski Węgiel Bogdanka S.A., KWK Budryk, KWK Jankowice, KWK Marcel, KWK Pniówek, KWK Sośnica, KWK Krupiński, KWK Chwałowice.

6. Mieszalniki wirnikowe

KOMAG opracowuje również dokumentację mieszalników wirnikowych do mieszania zarówno ciał sypkich, jak i płynnych.

Rosnąca rola i znaczenie mieszalników wirnikowych (MW) w instalacjach przygotowania paliw wieloskładnikowych przeważnie wymaga połączenia procesów rozdrabniania i mieszania. Dlatego oprócz rozszerzonego typoszeregu wirnikowych mieszalników pionowych, opracowano mieszalnik – rozdrabniacz, który może pracować oddzielnie lub w węźle z mieszalnikiem typu MW.

Przykładem wdrożenia urządzenia przeznaczonego do mieszania ciał sypkich i ziarnistych, a w szczególności miału z mułem węglowym, o średnicy ziaren nie większej niż 30 mm, jest mieszalnik wirnikowy MW 1400S-F (rys. 7) [9].



Rys. 7. Mieszalnik wirnikowy MW 1400 [9]

Mieszalniki tej konstrukcji zostały dostarczone przez FUGOR do firmy Węgłokoks Kraj Sp. z o. o. oraz do kopalni Lubelski Węgiel Bogdanka S.A..

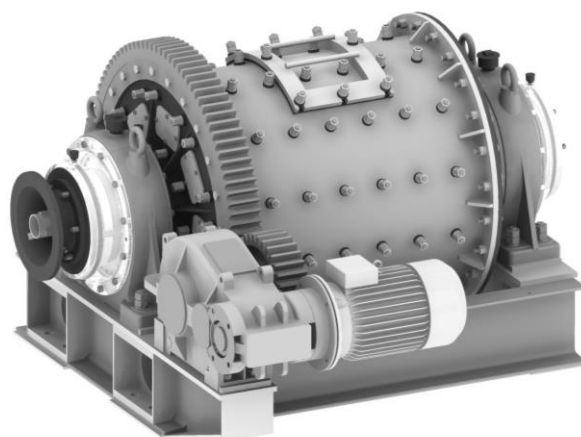
Inną konstrukcją KOMAG-u jest mieszalnik GP – służący do wytwarzania mieszanin z produktów odpadowych górnictwa, energetyki oraz drobnych frakcji piaskowych.

Głównymi składnikami materiału mieszanego przez mieszalnik są odpady poflotacyjne, pyły dymnicowe, piaski oraz żużle. Mieszanina sporządzona na bazie tych komponentów jest jednorodna dzięki procesowi mieszania z wewnętrzną recyrkulacją.

7. Młyny kulowe

Młyny kulowe (rys. 8) występują w dwóch odmianach MK 900x1800 oraz MK 900x900. Przeznaczone są do miążskiego mielenia z udziałem wody, magnetytu o uziarnieniu 1–0 mm w nadawie stosowanego, jako obciążnik cieczy zawiesinowej w zakładzie wzbogacania węgla. Uziarnienie produktu wyjściowego dla potrzeb wytworzenia zawiesiny powinno wynosić 0,15–0 mm. Wielkość ziaren produktu wyjściowego uzależniona jest od czasu trwania mielenia i wielkości nadawy [10].

Mielenie magnetytu o uziarnieniu 6–0 mm na produkt wyjściowy jak wyżej, możliwe jest przy zastosowaniu klasyfikatora spiralnego połączonego z młynem w jeden agregat roboczy.



Rys. 8. Młyn kulowy MK 900x900 [10]

Młyny kulowe są stosowane w zakładach posiadających węzeł wzbogacania w cieczach ciężkich.

FUGOR wykonał, na podstawie dokumentacji Instytutu KOMAG, młyny MK 1800x900, które dostarczył do kopalni Lubelski Węgiel Bogdanka S.A.

8. Przenośniki kbelkowe

Przenośniki kbelkowe (rys. 9) odwadniające to urządzenia przeznaczone do odwadniania produktów wzbogacania (odpady, półprodukt), wydzielanych z materiału wzbogacanego w osadzarce pulsacyjnej [4].

Przenośniki są przystosowane do współpracy z osadząrką na zasadzie naczyń połączonych, wypełnionych wodą.

FUGOR wyprodukował przenośniki kbelkowe dla szeregu zakładów przerobczych m.in. KWK Budryk, KWK Halemba, KWK Krupiński, KWK Sośnica, KWK Jankowice.



Rys. 9. Przenośnik kubelkowy odwadniający [4]

9. Podsumowanie

Współpraca pomiędzy Instytutem Techniki Górniczej KOMAG, a Fabryką Maszyn Górniczych FUGOR Sp. z o. o. jest przykładem przenikania osiągnięć naukowych, badawczych i projektowych do przemysłu.

Współdziałanie to umożliwia spełnianie potrzeb i wymagań oraz terminowe dostarczanie głównych urządzeń do przeróbki węgla kamiennego do zakładów przerobczych polskich kopalń.

Urządzenia produkowane przez FUGOR Sp. z o. o., w oparciu o dokumentację Instytutu KOMAG, charakteryzują się bardzo wysoką jakością wykonania, potwierdzaną przez ich użytkowników.

Literatura

1. Cierpisz S., Kowol D.: Wpływ zmian parametrów nadawy na efekty działania pływakowego układu sterowania odbiorem produktów osadzarki. ITG KOMAG, Gliwice 2011.

2. Kowol D., i in.: Przegląd rozwiązań konstrukcyjnych zespołów rozrządu powietrza pulsacyjnego w osadzarkach pulsacyjnych W: Automatyzacja Procesów Przeróbki Kopalin, Materiały konferencyjne, Szczyrk 2009.
3. Kowol D., Lenartowicz M., Łagódka M.: Rozwiązania konstrukcyjne układów odprowadzania produktu dolnego w osadzarkach pulsacyjnych. W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska systemy przeróbce surowców mineralnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju. KOMEKO 2009. ITG KOMAG, Gliwice 2009, s. 225-236.
4. Matusiak P., Kowol D.: Maszyny do przeróbki mechanicznej konstruowane w ITG KOMAG. Maszyny Górnicze 2013 nr 2 s. 71-76.
5. Matusiak P., Kowol D., Jędo A.: Rozwój konstrukcji i technologii w osadzarkach pulsacyjnych typu Komag do wzbogacania węgla kamiennego i innych surowców mineralnych. W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość – Efektywność. KOMEKO 2011. ITG KOMAG, Gliwice 2011, s. 73-86.
6. Matusiak P. i in: Rozwój konstrukcji i technologii w wzbogacalnikach w cieczy ciężkiej DISA typu KOMAG. ITG KOMAG. Gliwice 2012 (materiały nie publikowane).
7. Instrukcja użytkowania. Wirówka wibracyjna odwadniająca typ WOW 1.3. W75.090. ITG KOMAG. Gliwice 2011.
8. Instrukcja użytkowania. Kruszarka UPK 1000x700. W73.214. ITG KOMAG. Gliwice 2011.
9. Instrukcja użytkowania. Mieszalnik wirnikowy MW 1400. W75.092. ITG KOMAG. Gliwice 2011.
10. Instrukcja użytkowania. Młyn kulowy MK 1800x900. W73.601. ITG KOMAG. Gliwice 2013.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

mgr inż. Dominik BAŁAGA
dr inż. Marek JEDZINIAK
dr inż. Marek KALITA
mgr inż. Michał SIEGMUND
dr inż. Zbigniew SZKUDLAREK
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Metody i środki zwalczania zagrożeń pyłowych i metanowych w górnictwie węglowym

Streszczenie

W artykule przedstawiono problematykę zagrożeń pyłowych i metody ich ograniczania w zakładach górniczych węgla kamiennego. Omówiono budowę i zasadę działania wybranych urządzeń do zwalczania zapylenia oraz urządzeń odpylających projektowanych w ITG KOMAG. Zaprezentowano wyniki prac badawczych i wdrożeniowych potwierdzających efektywność zwalczania zapylenia, szczególnie na stanowiskach pracy w wyrobiskach górniczych.

Summary

Problems of dust hazards and methods for their elimination in hard coal mining plants are presented. Design and principle of operation of the selected devices for elimination of dust hazard and devices for dust control designed by KOMAG Institute of Mining Technology are discussed. The results of research and implementation work, confirming the effectiveness of elimination of dust hazard, especially at workplaces in mine workings, are given.

Słowa kluczowe: pył kopalniany, zwalczanie zapylenia, zraszanie, odpylanie suche, odpylanie mokre, dysze zraszające, górnictwo

Keywords: mine dust, elimination of dust hazard, spraying, dry dust control, wet dust control, spraying nozzles, mining industry

1. Wprowadzenie

Zapylenie powietrza powstające w kopalniach węgla kamiennego, będące efektem stosowanych procesów technologicznych wydobywania węgla, stwarza zagrożenie wybuchu pyłu węglowego oraz jest przyczyną choroby zawodowej (pylicy płuc) wśród górników pracujących w warunkach wysokiego stężenia pyłu.

Głównymi źródłami zapylenia są procesy:

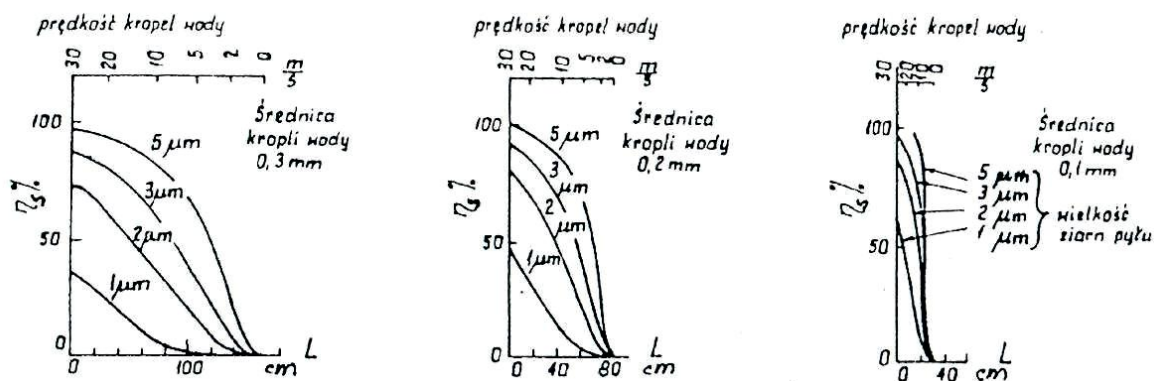
- urabiania kaliny węglowej,
- ładowania urobku na środki transportu,
- transportu i przesypywania urobku na przenośnikach zgrzebłowych oraz taśmowych.

Powstawanie pyłu niezależnie od jego źródła, jest zjawiskiem niepożądanym i wymaga jego zwalczania. Stosuje się szereg urządzeń i technologii, takich jak: odpylanie, izolowanie od środowiska pracy, strącanie na zasadzie zraszania lub ochronę osobistą dróg oddechowych. Od wielu lat w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG prowadzone są prace badawcze i projektowe m.in. z zakresu urządzeń zraszających, odpylaczy oraz łutni wirowych, wchodzących w skład systemów odpylania oraz przewietrzania i redukcji pyłu w wyrobiskach górniczych. Przykłady opracowanych w ostatnich latach rozwiązań dotyczących ww. zakresu, przedstawiono w niniejszym artykule.

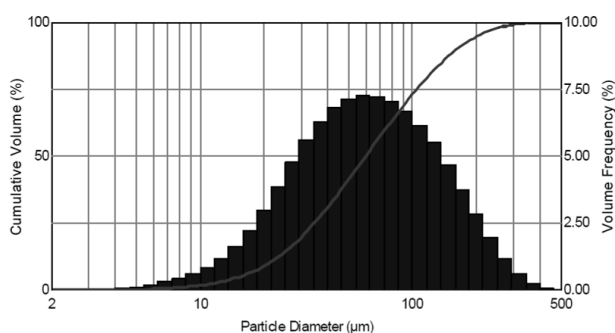
2. Urządzenia zraszające

Rozpylanie kropli wody poprzez dysze urządzeń zraszających jest najczęściej stosowanym sposobem redukcji pyłu. O skuteczności zastosowanego urządzenia zraszającego, decyduje przede wszystkim wielkość rozpylanych kropli wody oraz sposób rozmieszczenia dysz zraszających względem źródła zapylenia (rys. 1) [4].

O wytworzeniu określonej wielkości kropli wody, decyduje jej ciśnienie (w przypadku dysz wodnych) lub ciśnienie wody i sprężonego powietrza (w przypadku dysz dwuczynnikowych). Przeprowadzone badania wykazują, że ze zmniejszaniem średnicy kropli wody, rośnie skuteczność redukcji pyłu [4]. W ostatnich latach prowadzono w KOMAG-u prace badawcze nad dyszami zraszającymi, umożliwiającymi wytwarzanie średnic kropli o wielkości cząstek pyłu respirabilnego. W efekcie opracowano dwuczynnikowe dysze zraszające typu STK [7], których producentem jest Zakład Mechaniki Precyzyjnej ZP STALMET oraz firma HELLFEIER Sp. z o.o. Dzięki zastosowaniu sprężonego powietrza, jako nośnika energii, uzyskano krople o średnicy charakterystycznej $Dv(50)$, poniżej $50 \mu m$. Wymagany stopień rozpylenia kropli oraz energię ich wyrzutu uzyskano dla wartości ciśnienia wody oraz sprężonego powietrza poniżej $0,5 \text{ MPa}$. Opracowane dysze charakteryzują się zużyciem wody w zakresie $0,1\text{--}1,0 \text{ dm}^3/\text{min}$, w zależności od średnicy otworu wylotowego dyszy, wynoszącej od 1 do 3 mm (rys. 2).

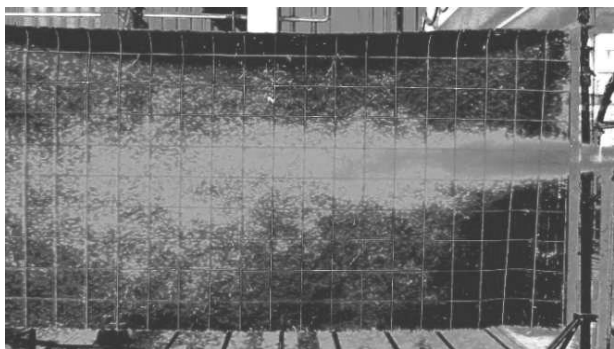


Rys. 1. Skuteczność wytrącania pyłu o gęstości $1,37 \text{ g/cm}^3$ w zależności od wielkości kropli wody, ich prędkości i odległości od dyszy zraszającej, przy różnych wielkościach ziaren pyłu [4]



Rys. 2. Przykładowy rozkład frakcyjny kropli w strumieniu wytwarzanym przez dyszę STK-ZZ-2, dla ciśnienia wody i sprężonego powietrza o wartości 0,4 MPa, w odległości 1500 mm od końca dyszy [16]

Przykładem dysz zraszających jednoczynnikowych są dysze, wytwarzające strumień zraszający przy niskich wartościach ciśnienia wody, dzięki wykorzystaniu zjawiska iniekcji. Producentem takich dysz jest firma HELLFEIER Sp. z o. o. Mogą być one stosowane przy wartościach ciśnienia wynoszących minimum 1,5 MPa i natężeniu przepływu wody wynoszącym ok. $1 \text{ dm}^3/\text{min}$. Ze względu na ich małe średnice wylotowe (ok. 1 mm) wymagane jest wstępne oczyszczanie wody za pomocą filtrów. Zasięg oraz kąt rozpylenia strumienia dyszy o średnicy wylotowej wynoszącej 1 mm, zaprezentowano na rysunku 3.



Rys. 3. Zasięg strumienia wody, dyszy jednoczynnikowej o średnicy wylotowej 1,0 mm dla wartości ciśnienia 1,2 MPa [16]

Dysze wodne oraz powietrzno-wodne stosowane są z powodzeniem w instalacjach zraszających, również gdy istnieje ryzyko zapłonu metanu, podczas urabiania kombajnami ścianowymi oraz chodnikowymi.

3. Zwalczanie zagrożeń metanowych oraz pyłowych w wyrobiskach ścianowych

Dysze zraszania wodnego dla kombajnów ścianowych są instalowane na uchwytych, za nożami urabiającymi, oraz na ramionach kombajnu. W ITG KOMAG powstało szereg rozwiązań powietrzno-wodnych instalacji zraszających przeznaczonych dla kombajnów ścianowych (AWASS), których głównym celem było równoczesne ograniczenie możliwości zapalenia metanu i wybuchu pyłu węglowego [6]. W tym celu zastosowano dysze dwuczynnikowe, do których oprócz wody dostarczane jest sprężone powietrze, rozrzedzające metan. Instalacje zraszające, zwane kurtynami zraszającymi, tworzą szczelną osłonę wytworzoną z kropli, otaczającą organ urabiający w przestrzeni roboczej (rys. 4).

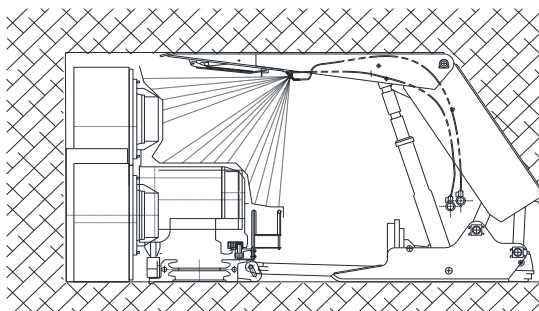


Rys. 4. Kombajn ścianowy KSW-1500EU firmy KOPEX Machinery S.A. wyposażony w kurtynę powietrzno-wodną [14]

Skuteczność gaszenia zapłonu metanu potwierdzono na stanowisku badawczym w KD Barbara, odwzo-

rowującym zawieranie się organu w calinę węglową w przestrzeni wypełnionej metanem (przy niskim natężeniu przepływu wody wynoszącym $35\div50\text{ dm}^3/\text{min}$ w organie oraz około $10\text{ dm}^3/\text{min}$ na ramieniu kombajnu [7, 8]. Powietrzno-wodne instalacje zraszające stosowane są obecnie w wielu typach kombajnów górniczych m.in.: KSW-460NE, KSW-1500EU, KSW-880EU, KSW-1140EZ, KSW-800NE produkowanych przez KOPEX Machinery S.A., które z powodzeniem pracują zarówno w polskich kopalniach węgla kamiennego (Budryk, Bielszowice, Mysłowice Wesoła, Borynia oraz Jankowice), jak i zagranicznych (Rosja: Berezowska, Jubilejna, Chiny: Xinjulong, Argentyna: Rio Turbio).

W celu dalszego zwiększenia skuteczności redukcji pyłu w wyrobiskach ścianowych zaprojektowano system zraszania typu KOMAG (rys. 5). System składa się z baterii zraszających zamocowanych pod stropnicami zmechanizowanej sekcji ścianowej, których strumień zraszający kierowany jest w stronę czoła ściany. Dzięki niewielkiemu zużyciu wody wynoszącym $0,5\div2,0\text{ dm}^3/\text{min}$ i ciśnieniu zasilania w zakresie $0,3\div0,5\text{ MPa}$ oraz wysokiej wydajności wytwarzanego strumienia mgły wodnej, ograniczono oddziaływanie zapyłonej strefy od przestrzeni roboczej kombajnistów. Sposób załączania i wyłączania kolejnych baterii zapobiega kontaktowi strumieni zraszających z załogą ściany. Prototypowy system zraszania typu KOMAG, wyprodukowany przez firmę ELEKTRON S.C został wdrożony w ZG Janina. Jego skuteczność oraz niezawodność pracy, zostały docenione w konkursie WUG "Z innowacją bezpieczniej", gdzie zajął pierwsze miejsce [15].



Rys. 5. Zasięg teoretyczny oraz praktyczny strumieni zraszających systemu KOMAG [16]

4. Zwalczanie zapylenia w przodkach chodnikowych

Pozytywne wyniki wdrożeń powietrzno-wodnych systemów zwalczania zapylenia w wyrobiskach ścianowych skłoniły do podjęcia prac nad opracowaniem systemów zraszania dla kombajnów chodnikowych [5, 7, 8]. Opracowano dwa jego typy:

- powietrzno-wodne (zraszanie zewnętrzne),
- wodne (zraszanie sektorowe oraz zewnętrzne).

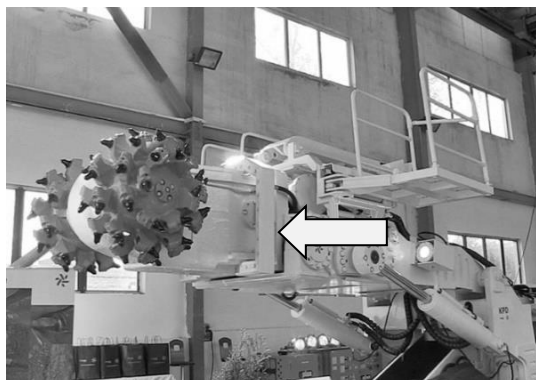
Zraszanie powietrzno-wodne opracowano dla kombajnów chodnikowych typu R-200, KR-150 oraz AM-50 i R-130 firmy REMAG S.A (rys. 6), które wdrożono w KWK Jas-Mos, Borynia i Murcki. Zraszanie w postaci kurtyny zewnętrznej, zlokalizowanej na wysięgniku ramienia kombajnu, składa się z baterii zraszających. Baterie usytuowane są w taki sposób, aby wytwarzane w dyszach dwuczynnikiem strumienie zraszające otaczały szczelnie przestrzeń wokół głowicy urabiającej. Dzięki nowatorskim dyszom zraszania powietrzno-wodnego zmniejszono zużycie wody o 50%, w porównaniu z tradycyjnymi bateriami zraszającymi. W zależności od typu kombajnu zużycie wody wynosi $26\div30\text{ dm}^3/\text{min}$ przy zużyciu sprężonego powietrza wynoszącym $1,5\text{ m}^3/\text{min}$. Strumienie zraszające wytwarzane są przy wartościach ciśnienia obu mediów wynoszących $0,3\div0,5\text{ MPa}$, co nie wymaga stosowania dodatkowych pomp i sprężarek.



Rys. 6. Kurtyna powietrzno-wodna kombajnu chodnikowego typu R-130 firmy REMAG [16]

Opracowano system zraszania dla kombajnów typu KPD Corum Group (rys. 7). System składa się ze zraszania sektorowego i zewnętrznej kurtyny. Zastosowano rozdzielacz wody eliminujący niebezpieczeństwo uszkodzenia przekładni w przypadku nieszczelności układu. System zraszania pracuje w dwóch wariantach: zraszanie sektorowe ze zraszaniem zewnętrznym lub tylko zraszanie zewnętrzne. Zaletą systemu zraszania jest niskie zużycie wody. W zależności od użytego wariantu, wynosi ono maksymalnie $50\text{ dm}^3/\text{min}$

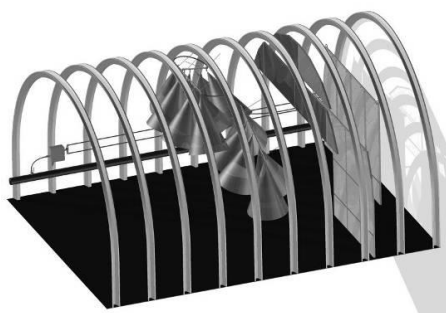
(zraszanie sektorowe + kurtyna zewnętrzna) lub $24 \text{ dm}^3/\text{min}$ w przypadku kurtyny zewnętrznej. Kombajny wyposażone w ww. system zraszania pracują obecnie w kopalniach węgla kamiennego Jas-Mos oraz Marcel, charakteryzując się dużą niezawodnością pracy.



Rys. 7. System zraszania wodnego zabudowany na kombajnie chodnikowym typu KPD CORUM GROUP [13]

5. Zwalczanie zapylenia w wyrobiskach korytarzowych

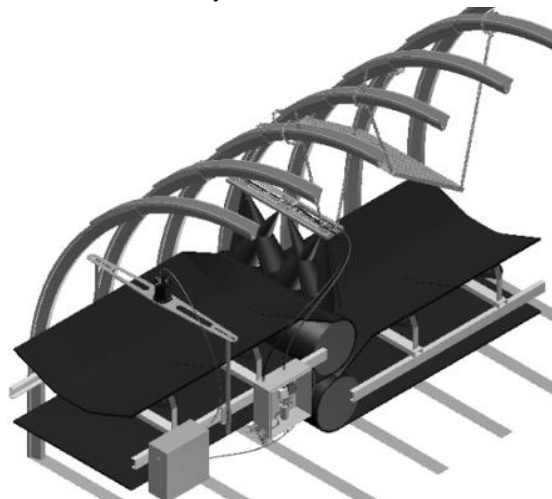
Ze względu na fakt, że stężenie pyłu w wyrobiskach korytarzowych przekracza również często dopuszczalne wartości, co skutkuje dostarczaniem już zanieczyszczonego powietrza do wyrobisk ścianowych oraz chodnikowych, podjęto prace nad opracowaniem korytarzowych zapór przeciwpylowych, których zadaniem byłoby strącanie cząstek pyłu z przemieszczającego się powietrza [1, 2]. Opracowane w ITG KOMAG zapory przeciwpylowe, wytwarzają strumienie mgłowej wody z użyciem sprężonego powietrza (CZP BRYZA), a także samej wody (CZP ORKAN). Zapory wyposażono w innowacyjne przesłony kratowe, które umożliwiają przepływ powietrza z jednoczesnym wychwytywaniem zwilżonych cząstek pyłu. Dysze zraszające zaprojektowane w KOMAG-u, umożliwiają stosowanie zapór tam, gdzie konieczne jest uzyskanie wysokiej skuteczności redukcji pyłu, przy niskim ciśnieniu mediów zraszających wynoszących $0,3 \div 0,5 \text{ MPa}$ i niewielkim zużyciu wody $3,0 \text{ dm}^3/\text{min}$ oraz sprężonego powietrza $0,75 \div 1,5 \text{ m}^3/\text{min}$. Urządzenia te wdrożono dotychczas w kopalniach węgla kamiennego: Budryk, Halemba, Pokój, Knurów, Piast, Bielszowice.



Rys. 8. Model przestrzenny zapory przeciwpylowej CZP ORKAN [2]

6. Zwalczanie zapylenia podczas transportu urobku

Prace badawcze dotyczące redukcji zapylenia z wykorzystaniem urządzeń zraszających, obejmowały również transport urobku. Opracowano rozwiązania zraszaczy przesypów BRYZA, wykorzystujących wodę i sprężone powietrze [1, 2]. Zraszacze mogą pracować w opcji: sterowanej ręcznie (BRYZA 1200, ORKAN 1200), sterowanej ruchem taśmy przenośnika (BRYZA 1200A, ORKAN 1200A), lub sterowanej w zależności od obecności urobku na taśmie (BRYZA-BA). W celu zwiększenia skuteczności redukcji zapylenia zraszacze wyposażono w mechaniczny dozownik środka powierzchniowo-czynnego. Zraszacze charakteryzują się niskim zużyciem mediów zraszających: wody $0,5 \text{ dm}^3/\text{min}$ oraz sprężonego powietrza $0,25 \div 0,5 \text{ m}^3/\text{min}$. Zraszacze wdrożono w kopalniach węgla kamiennego: Budryk, Sośnica, Halemba, Sobieski, Mysłowice-Wesoła, Knurów.

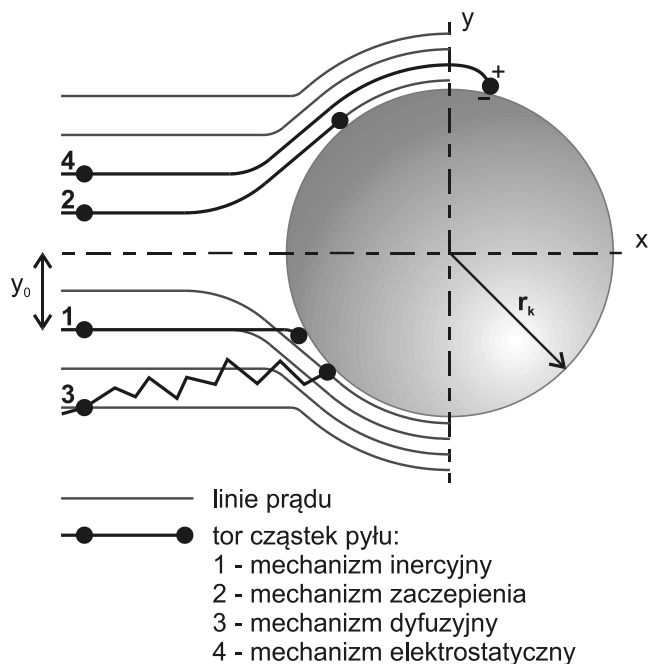


Rys. 9. Model przestrzenny zraszacza przesypu z automatycznym wykrywaniem urobku BRYZA-BA [16]

7. Zwalczanie zapylenia za pomocą mokrych urządzeń odpylających w wyrobiskach chodnikowych, ścianowych i innych

Do strukturalnego oczyszczania powietrza z cząstek pyłu stosowane są mokre urządzenia odpylające. Ich zastosowanie pozwala nie tylko na uchwycenie cząstek aerozolowych, ale również na neutralizację ich własności wybuchowych.

Urządzenia te wykorzystują różnego rodzaju układy natryskowe, w których następuje rozpylenie fazy ciekłej (wody) w ośrodku gazowym (strumieniu powietrza) oraz wnikanie fazy stałej (cząstek pyłu) do kropeł wody. Proces ten może zachodzić w wyniku połączenia kilku mechanizmów transportu, z których zasadniczymi są mechanizmy: inercyjny, zaczepienia i dyfuzyjny, a w przypadku różnicy potencjałów elektrycznych – elektrostatyczny [9]. Przedstawiono je schematycznie na rysunku 10.



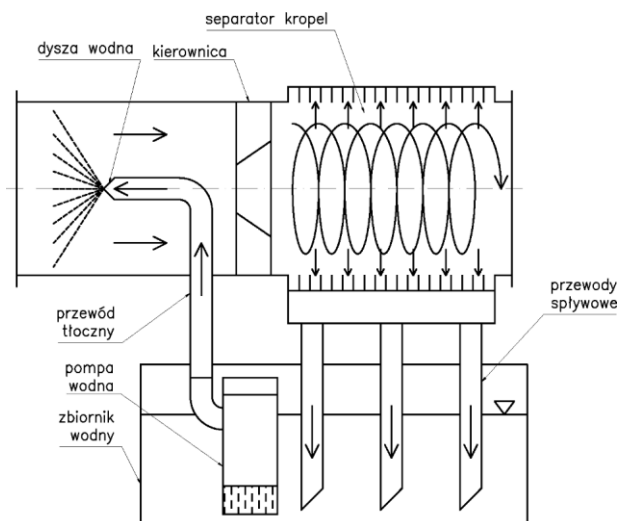
Rys. 10. Mechanizmy transportu cząstek stałych z fazy gazowej do kropli wody [9]

Mechanizm osadzania inercyjnego oparty jest o uderzenie cząstki stałej o powierzchnię kropli wody, mechanizm zaczepienia – o jej styczny kontakt, a mechanizm dyfuzyjny – o zderzenie cząstki stałej z kroplą wody na skutek przypadkowych ruchów, niezależnie od linii prądu, zaś mechanizm elektrostatyczny – o przyciąganie różnoimiennie naładowanej cząstki stałej i kropli wody.

Ze względu na warunki procesowe, w tym w szczególności na duże prędkości przepływu fazy gazowej, w urządzeniach odpylających projektowanych przez KOMAG wykorzystywany jest przede wszystkim mechanizm osadzania inercyjnego.

Niezależnie od sposobu połączenia fazy stałej z fazą ciekłą, powstała mieszanina powietrza z kroplami wody zawierającymi cząstki pyłu ulega zawirowaniu, przez co krople, na skutek działania siły odśrodkowej, migrują w kierunku ścianek aparatu, gdzie znajdują się uźebrowane powierzchnie i gdzie krople są ostatecznie zatrzymywane i spływają do zbiornika wodnego, skąd woda jest ponownie pompowana do dysz rozpylających. W ten sposób w urządzeniu odpylającym realizowany jest obieg wodny, który schematycznie przedstawiono na rysunku 11.

Urządzenia odpylające stanowią wyposażenie lutniociągów będących elementami systemów wentylacji kombinowanej lub ssącej [3], bądź pracują niezależnie, jako urządzenia do lokalnego oczyszczania powietrza z pyłu.



Rys. 11. Obieg wodny w urządzeniu odpylającym [3]

W ostatnich latach opracowano i wdrożono następujące urządzenia odpylające:

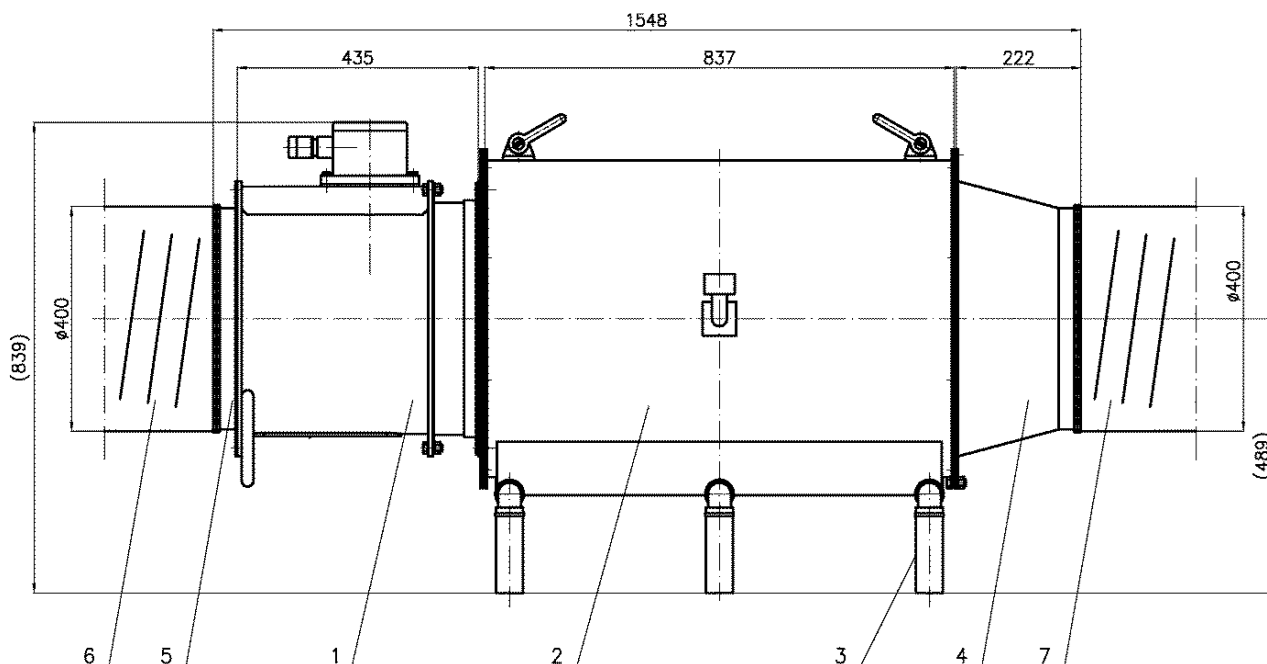
• Urządzenie odpylające UO-400-02

W urządzeniu odpylającym UO-400-02 opracowanym w KOMAG-u, a produkowanym przez firmę Wiromag Sp. z o. o. wytrącenie pyłu z zapyłonego powietrza odbywa się metodą moką, która polega na zassaniu zanieczyszczonego powietrza z otoczenia źródeł pyłu, wprowadzeniu go do urządzenia odpylającego typu UO-400-02, poprzez dyszę wirową z wentylatorem, gdzie pył łączy się z wodą. Dzięki energii kinetycznej kropli wody, nadawanej przez wirnik dyszy, osiągnięta jest wysoka skuteczność tego procesu. Jest to rozwiązanie konkurencyjne wobec stosowania natrysku wody za pomocą dysz stałych, gdzie niższa energia kinetyczna kropli wody nie gwarantuje uzyskania wysokiego stopnia odpylania.

Budowę urządzenia odpylającego UO-400-02 przedstawiono na rys. 12. Urządzenie składa się z następujących zasadniczych zespołów:

- dyszy wirowej (wyposażonej w wentylator) (poz. 1),
- odkraplacza (poz. 2),
- węży spływowych (poz. 3),
- konfuzora i króćca (poz. 4 i 5),
- układu lutni elastycznych (poz. 6, 7).

Dysza wirowa wyposażona w wentylator przetłacza zanieczyszczone pyłem powietrze, które może również zawierać metan. Silnik elektryczny zespołu zabudowany jest w specjalnej, odpowiednio uszczelnionej komorze o odrębnym przewietrzaniu, usytuowanej częściowo w kanale przepływowym członu nadłopatkowego i kadłuba. Obudowa silnika wyposażona jest w odpowiednie kanały doprowadzające powietrze z otoczenia i odprowadzające powietrze, którym chłodzony jest silnik elektryczny.



Rys. 12. Budowa urządzenia odpylającego UO-400-2 [12]

1 – dysza wirowa, 2 – odkraplacz, 3 – węże spływowe, 4 – konfuzor, 5 – króciec, 6 – lutnia elastyczna ssąca, 7 – lutnia elastyczna tłocząca [3]

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry techniczne urządzenia.

Parametry techniczne urządzenia odpylającego UO-400-02 [3]

Tabela 1

Parametr	Wymiar	Wartość
Wydajność nominalna	m ³ /min	80
Zakres wydajności	m ³ /min	40-120
Nominalne zużycie wody przy pracy bez zbiornika	dm ³ /min	30
Zużycie wody przy pracy ze zbiornikiem i pompą (z zamkniętym obiegiem wodnym)	dm ³ /min	1-3
Długość całkowita	mm	1548
Średnica wlotowa i wylotowa przyłączeniowa	mm	400
Maksymalna długość przyłączonego przewodu ssącego lub tłoczącego	m	15
Masa całkowita	kg	ok. 246
Skuteczność odpylania (całkowita/respirabilna):	%	99/97

Urządzenie, ze względu na niewielkie gabaryty i wyposażenie we własny napęd wentylatorowy, może znaleźć zastosowanie w sytuacjach, w których następuje emisja pyłu do otoczenia, zarówno w podziemiach kopalń węgla kamiennego, w wyrobiskach, jak i w zakładach przeróbki mechanicznej węgla oraz w innych gałęziach przemysłu.

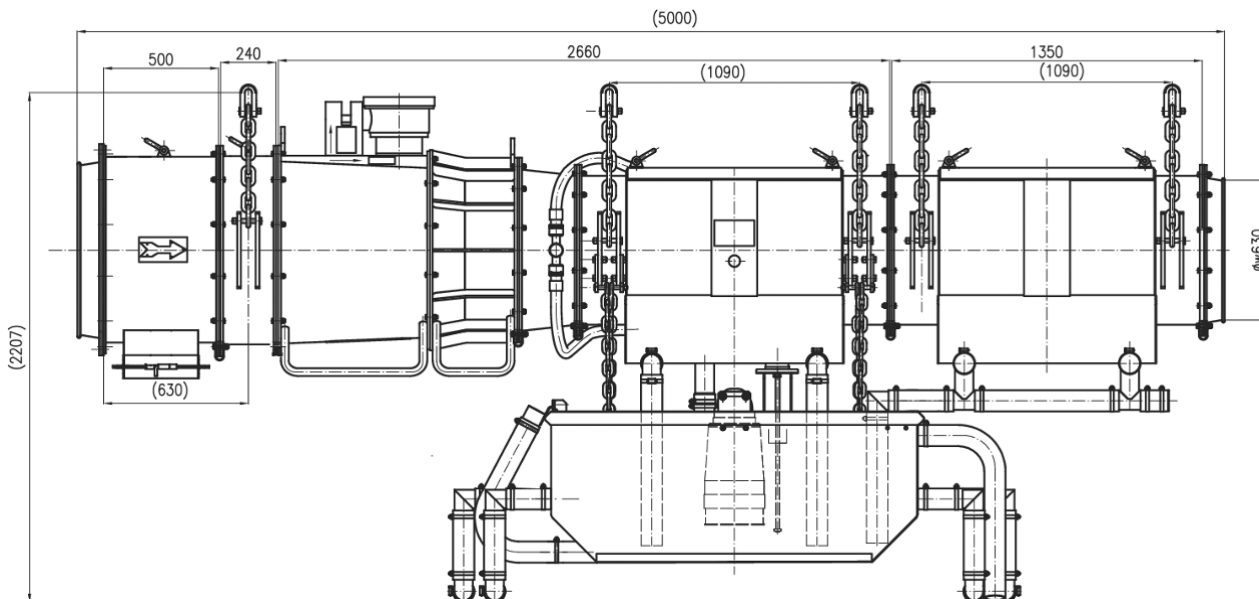
• Urządzenie odpylające BSA-600

Urządzenie odpylające BSA-600 opracowane w ITG KOMAG, a produkowane przez firmę SelmaG Sp. z o. o. jest przeznaczone do usuwania pyłów metodą moką powietrza. Przystosowane jest do pracy w wyrobiskach korytarzowych przewietrzanych wentylacją kombinowaną

i stanowi w tym systemie wyposażenie krótkiego odcinka pomocniczego lutniociągu ssącego. Może również zostać zabudowane w chodniku głównym, jako urządzenie stacjonarne, w układzie wentylacji ssącej w czasie prowadzenia prac związanych z drażeniem początkowego odcinka wyrobiska, np. gdy długość wyrobiska jest niewystarczająca dla dokonania zabudowy kompletnego układu wentylacji kombinowanej.

Urządzenie może również pracować jako urządzenie stacjonarne do odpylania przesypów, wywrotów, komór w podziemiach kopalń oraz w zakładach przeróbki mechanicznej węgla.

Na rysunku 13 przedstawiono budowę urządzenia, a w tabeli 2 jego parametry techniczne.



Rys. 13. Budowa urządzenia odpylającego BSA-600 [10]

Parametry techniczne urządzenia odpylającego BSA-630 [10]

Tabela 2

Nominalne natężenie przepływu powietrza (wydajność*):	260, 280 lub 320 m ³ /min
Zużycie wody:	5 – 15 dm ³ /min
Minimalne ciśnienie wody:	0,1 MPa
Skuteczność odpylania wobec frakcji całkowitej	nie mniej niż 99 %
Skuteczność odpylania wobec frakcji respirabilnej	nie mniej niż 95 %
Silnik zespołu napędowego dSOKg 200L2B-E lub dSOKg 200L2B-E-P:	
• Moc nominalna:	37 kW
• Nominalne napięcie zasilania:	U _N = 500, 1000 lub 660 V
Pompa P-1BA-Ex lub P-1BA/EC-Ex:	
• Nominalne napięcie zasilania:	U _N = 500, 400, 1000 lub 660 V
• Moc silnika pompy:	N = 2,2 kW
Typ czujnika poziomu cieczy:	CP-2d/1-b lub CP-2d/1-a

Powietrze zasysane jest do urządzenia odpylającego przez układ ssący zbudowany z lutni elastycznych, lutni metalowych bądź innego rodzaju przewodów powietrznych dostosowanych do pracy w podziemiach kopalń. Zespół napędowy przetłacza silnie zanieczyszczone powietrze. Silnik elektryczny zespołu zabudowany jest w specjalnej, odpowiednio uszczelnionej komorze o odrębnym przewietrzaniu, usytuowanej częściowo w kanale przepływowym członu nadłopatkowego i kadłuba. Na wirnik zespołu natryskiwana jest woda, do której wnikają cząstki pyłu. Powstała w ten sposób zawirowana trójfazowa struga przepływa do układu odkraplaczy, gdzie oddzielane są krople wody zawierające pył.

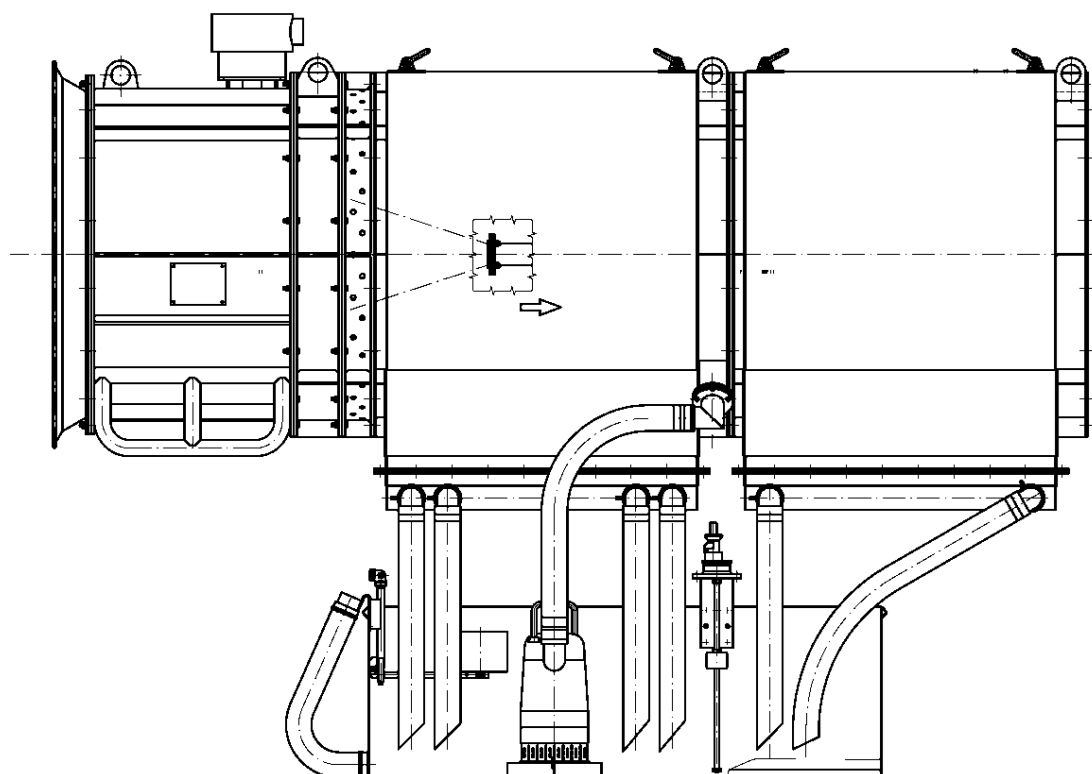
Urządzenie opracowano również w wersji z silnikiem o mocy 45 kW.

• Urządzenie odpylające UO-1200

Urządzenie odpylające UO-1200 opracowane w KOMAG-u, a produkowane przez firmę Wiromag Sp. z o. o. (rys. 14) składa się z następujących zasadniczych zespołów:

- dyszy wirowej (wyposażonej w wentylator),
- odkraplaczy,
- zespołu zbiornika (poz. 4) z zaworem pływakowym (poz. 5),
- zespołu wlotowego (poz. 6),
- układu lutni elastycznych (poz. 13).

Oddzielanie pyłu odbywa się również metodą mokrą. Dysza wirowa przetłacza silnie zanieczyszczone powietrze, zawierające metan. Silnik elektryczny zespołu zabudowany jest w specjalnej, odpowiednio



Rys. 14. Budowa urządzenia odpylającego UO-1200 [11]

uszczelnionej komorze o odrębnym przewietrzaniu, usytuowanej częściowo w kanale przepływowym członu nadłopatkowego i kadłuba. Obudowa silnika wyposażona jest w odpowiednie kanały doprowadzające powietrze, którym jest on chłodzony. Wewnątrz odkraplacza znajduje się rozdzielacz wody, kierujący wodę podawaną przewodem tłocznym do wnętrza wirnika dyszy wirowej oraz dwa segmenty żeber,

pomiędzy którymi zatrzymywane są krople wody. Woda z pyłem wytrąconym w odkraplaczu spływa króćcami znajdującymi się przy dnie odkraplacza.

Oczyszczane powietrze może zawierać cząstki pyłu o wielkości poniżej 200 μm .

W tabeli 3 przedstawiono parametry techniczne urządzenia.

Parametry techniczne urządzenia odpylającego UO-1200 [11]

Tabela 3

Parametr	Wymiar	UO-1200
Wydajność nominalna	m^3/min	600
Zakres wydajności	m^3/min	450-1000
Nominalne użycie wody przy pracy bez zbiornika	dm^3/min	30
Zużycie wody przy pracy ze zbiornikiem i pompą	dm^3/min	1-3
Długość całkowita	mm	3850
Średnica wlotowa i wylotowa przyłączeniowa	mm	1200
Długość przyłączonego przewodu ssącego/ tłoczącego max	m	15
Masa całkowita	kg	ok. 2730
Skuteczność odpylania: – całkowita/respirabilna	%	99/97
Dysza wirowa/wentylator- typu B. Silnik dSOKg250M4-EP chłodzony powietrzem z otoczenia wentylatora	kW/V	55/500
Pompa P-1BA (lub inna)- dla zamkniętego obiegu wody	kW/V	2,2/500
Ochrona antykorozyjna	-	Ocynkowanie

Ze względu na dużą wartość strumienia przetłaczanego powietrza, urządzenie może znaleźć zastosowanie do strukturalnego odpylania całych wyrobisk, np. w chodnikach ścianowych.

8. Zwalczanie zapylenia za pomocą suchych urządzeń odpylających z aktywnym układem tłumienia wybuchu

Obecnie w systemach wentylacji i odpylania przodków korytarzowych w większości krajowych kopalń stosowane są odpylacze mokre, natomiast w systemach transportu nadawy, w rejonach gdzie występuje zjawisko pylenia, do zwalczania tych zagrożeń stosowane są głównie systemy zraszające wykorzystujące wodę. W zakładach przeróbki kopalin, gdzie w procesie technologicznym pojawienie się wody jest czynnikiem niekorzystnym ze względu na jakość uzyskiwania produktu finalnego, systemy zwalczające zagrożenia pyłowe nie są stosowane. Pracownicy przebywający w strefach nadmiernego zapylenia wyposażani są zatem w osobiste środki ochrony dróg oddechowych.

Trudne warunki klimatyczne występujące na dole kopalni, spowodowane wysoką wilgotnością oraz temperaturą otoczenia, powodują dyskomfort pracy, który pogłębia się, gdy stosowane są odpylacze mokre lub wodne układy zraszające. Występowanie przekroczeń najwyższych dopuszczalnych stężeń pyłu (NDS) w zakładach wydobywczych i przetwórczych kopalin jest również bezpośrednią przyczyną pylicy pracowników. Eliminacja wody z systemów odpylania, przy jednoczesnym zachowaniu wartości NDS dla pyłu węglowego, pozwala na zmniejszenie ilości zachorowań i zwiększa komfort pracy.

W ITG KOMAG w ramach projektu rozwojowego finansowanego przez NCBR we współpracy z Politechniką Warszawską zaprojektowano i przebadano odpylacz suchy (rys. 15), który może służyć do eliminacji zagrożenia pyłowego m. in. na przesypach, wysypach, wywrotach, w komorach zakładów górniczych oraz zakładach przeróbki minerałów.

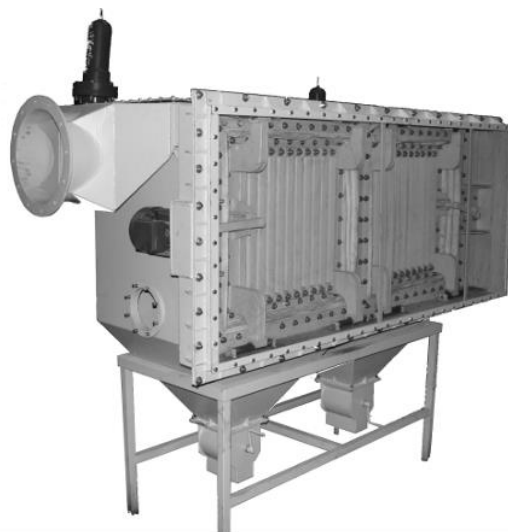
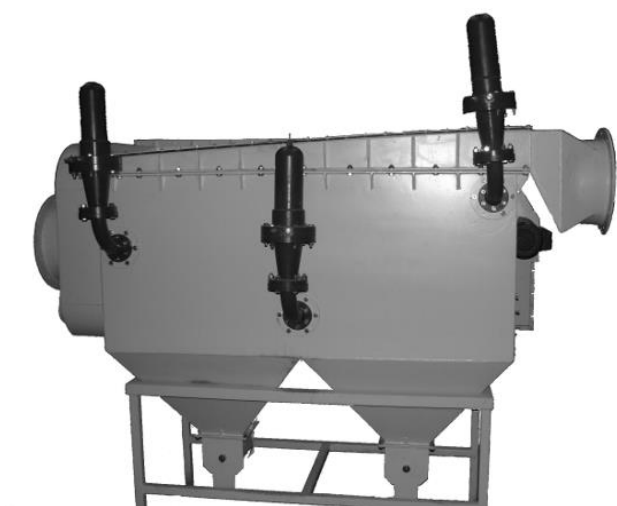
Odpylacz posiada obudowę w kształcie prostopadłościanu, we wnętrzu którego znajdują się poprzecznie usytuowane dwie komory na wkłady kasetowe. Ich wymiana jest realizowana od strony wypływu strumienia powietrza czystego. Wkłady, osadzone w metalowym koszu, posiadają również kształt prostopadłościanu, co umożliwia optymalne wykorzystanie przestrzeni odpylacza.

Zestaw wkładów kasetowych umieszczony jest jeden obok drugiego, na wspólnej ramie, która z kolei połączona jest przesuwnie względem obudowy odpylacza. Pomędzy ruchomą ramą z kasetami, a nieruchomą obudową znajduje się elastyczny rękaw uszczelniający, wykonany z tkaniny filtracyjnej.

Drgania układu czyszczącego kasety filtracyjne wytwarzane są za pomocą silnika elektrycznego i korbowodu mocowanego do ruchomej ramy. Wprawia on w ruch posuwisto-zwrotny ramę, która poprzez poprzecznie rozmieszczone układy sprężyn oddziałuje na nałożoną na kosz tkaninę filtracyjną.

Strącony pył magazynowany jest w dolnej części odpylacza w zbiorniku pyłu. Zbiornik jest wykonany z blachy, w formie podczepianego pojemnika, który po napełnieniu opróżniany jest ręcznie do specjalnych worków z tworzywa sztucznego.

Źródłem podciśnienia jest wentylator osiowy zabudowany w odpylaczu.



Rys. 15. Widok prototypowego odpylacza suchego wraz zamontowanymi trzema gaśnicami aktywnego systemu tłumienia wybuchu [13]

Podstawowe parametry techniczne odpylacza suchego przedstawiono w tabeli 4.

Parametry techniczne odpylacza suchego [13]

Tabela 4

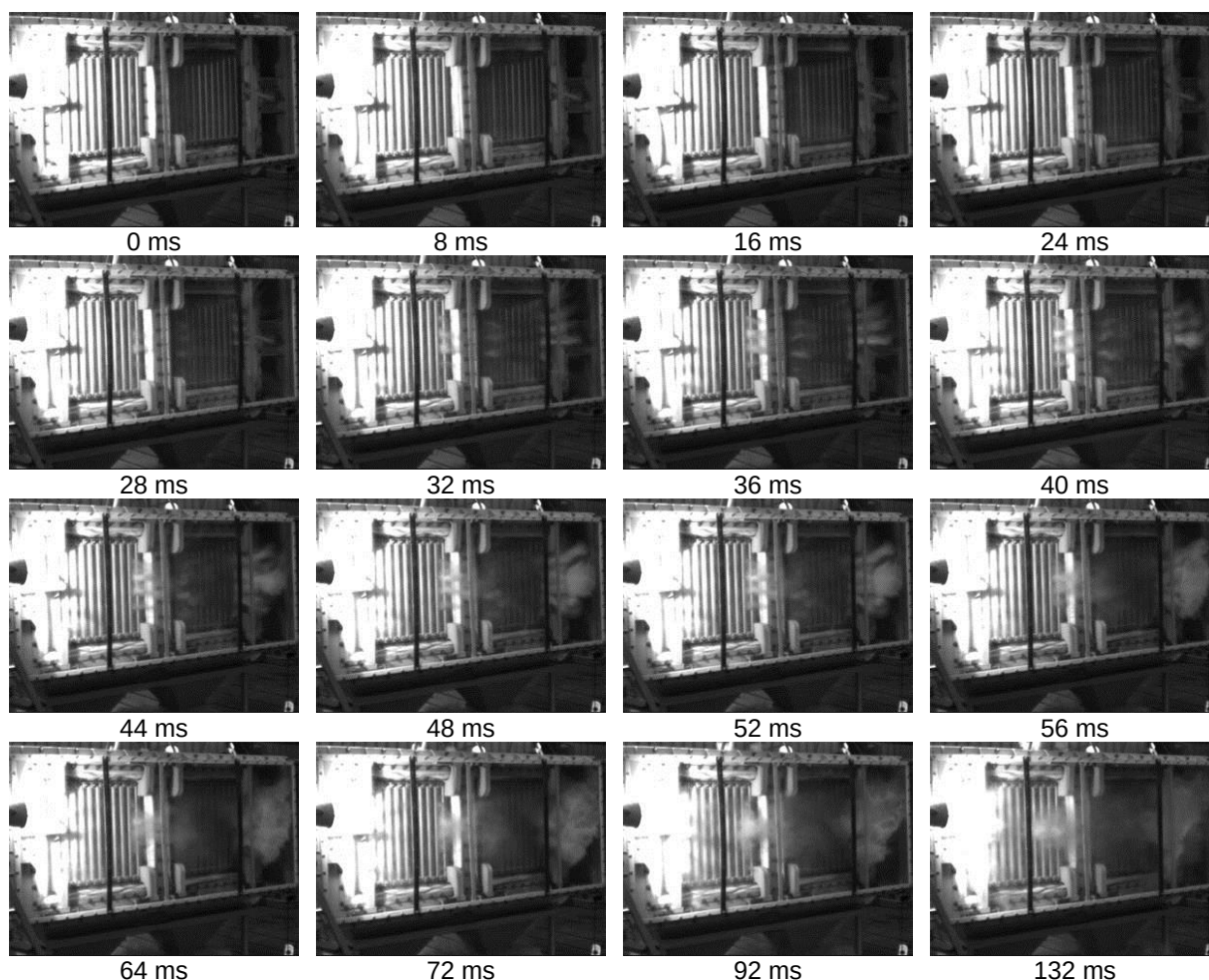
Parametr	Oznaczenie	Jednostka	Rodzaj tkaniny	
			COMFIL	SPARKSAFE
Przepuszczalność powietrza dla tkaniny czystej	β	m/s	1,72 (dla $\Delta p=50$ Pa)	0,25 (dla $\Delta p=200$ Pa)
Przyjęta prędkość filtracji	u	mm/s	35	35
Powierzchnia filtracji	A	m ²	min. 14,3	min. 14,3
Ilość kaset filtracyjnych w odpylaczu	n	-	20	
Wymiar kasety filtracyjnej	S x W x D	mm	40 x 600 x 650	
Stężenie cząstek aerozolowych w strumieniu wlotowym	Ci	g/m ³	2	2
Stężenie cząstek aerozolowych w strumieniu wylotowym (zakładane)	Cw	g/m ³	< 0,01	
Masa pyłu zawarta w warstwie o powierzchni jednostkowej	W	g/m ²	252	189
Czas filtracji	t	min	60	45
Straty ciśnienia	Δp	Pa	1761	1689
Strumień oczyszczanego gazu	V	m ³ /s	0,5	
Wymagane spiętrzenie całkowite wentylatora	Δp_w	Pa	min. 1800	
Sposób regeneracji kaset filtracyjnych	-	-	mechaniczna, wstrząsowa działająca automatycznie	
Sposób odprowadzenia pyłu	-	-	podwieszany zbiornik stalowy o pojemności 15 dm ³ obsługiwany ręcznie	
Wymiary gabarytowe (maks.)	-	mm	szerokość 700 wysokość 800 długość 1500	

Odpylacz suchy wyposażono w aktywny system tłumienia wybuchu, który pozwala na stosowanie go w przestrzeniach zagrożonych wybuchem pyłu węglowego oraz metanu.

Próbę poprawności i skuteczności działania systemu na prototypowym suchym odpylaczu górniczym, w warunkach zaistnienia realnego wybuchu, przeprowadzono na stanowisku badawczym ITG KOMAG. Celem było sprawdzenie czy zaproponowana ilość gaśnic, ich sposób mocowania oraz miejsce mocowania na odpylaczu umożliwią szybkie i równomierne wypełnienie wnętrza odpylacza proszkiem gaśniczym. Istotną kwestią było również sprawdzenie oddziaływania układu gaśniczego na elementy i urządzenia znajdujące się we wnętrzu opylacza.

Do badań wybrano wariant z trzema gaśnicami mocowanymi po stronie opylacza, po której znajduje się zapyłone powietrze – gaśnice umieszczono po jednej w pobliżu wlotu i wylotu powietrza oraz jedną w środku bocznej ściany odpylacza.

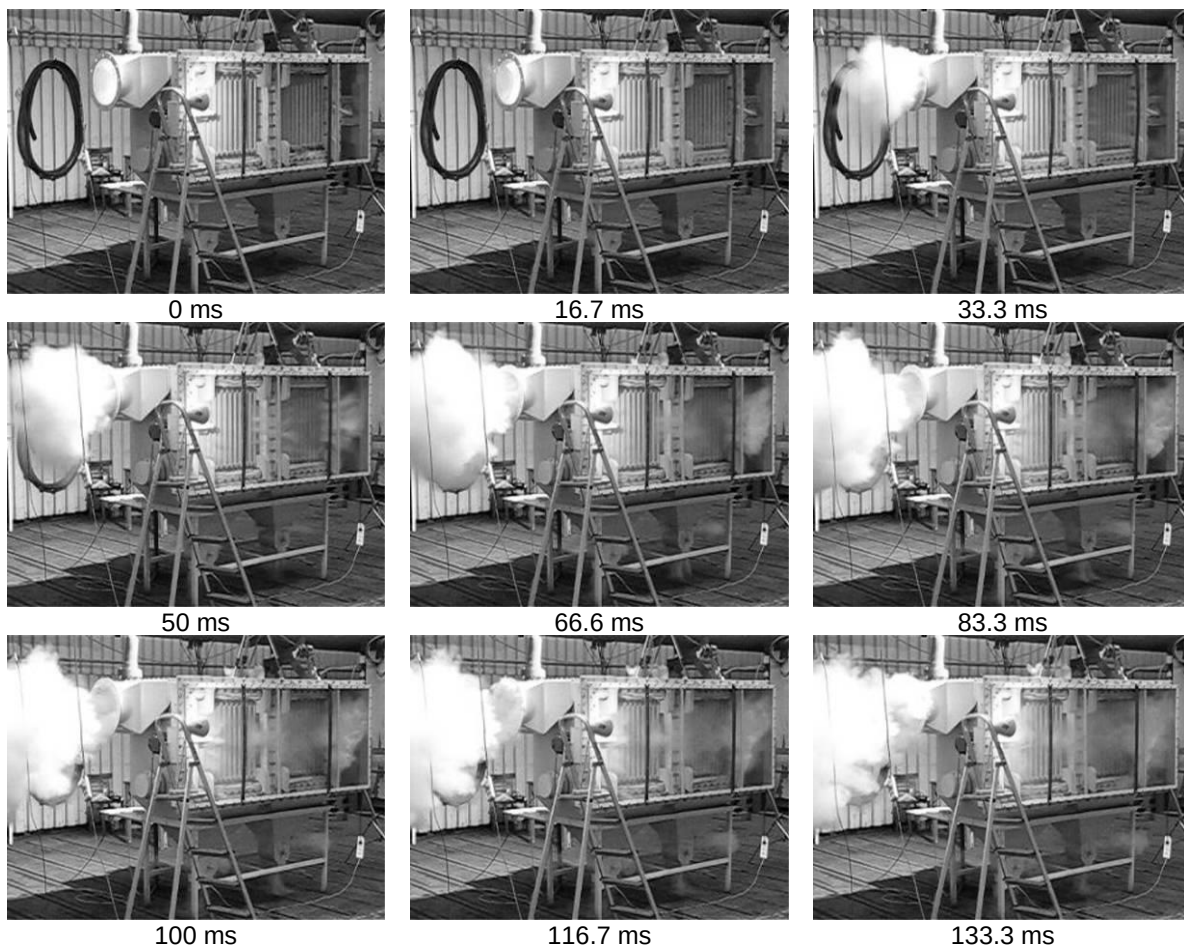
Przebieg aktywnego systemu tłumienia wybuchu rejestrowano przez boczną ścianę odpylacza (rys. 16). Zdjęcia przedstawiają widok wnętrza odpylacza za filtrami workowymi (od strony „czystej”, bezpyłowej). Pierwsze widoczne ślady zadziałania układu gaśniczego można zauważyć na zdjęciu po czasie 8 ms, natomiast na zdjęciu o czasie 16 ms widać już wyraźnie przedostające się przez filtry cząstki pyłu gaśniczego. Proces ten intensyfikuje się w momencie pęknięcia jednego z worków filtrujących, po prawej stronie odpylacza – np. zdjęcie po czasie 44 ms.



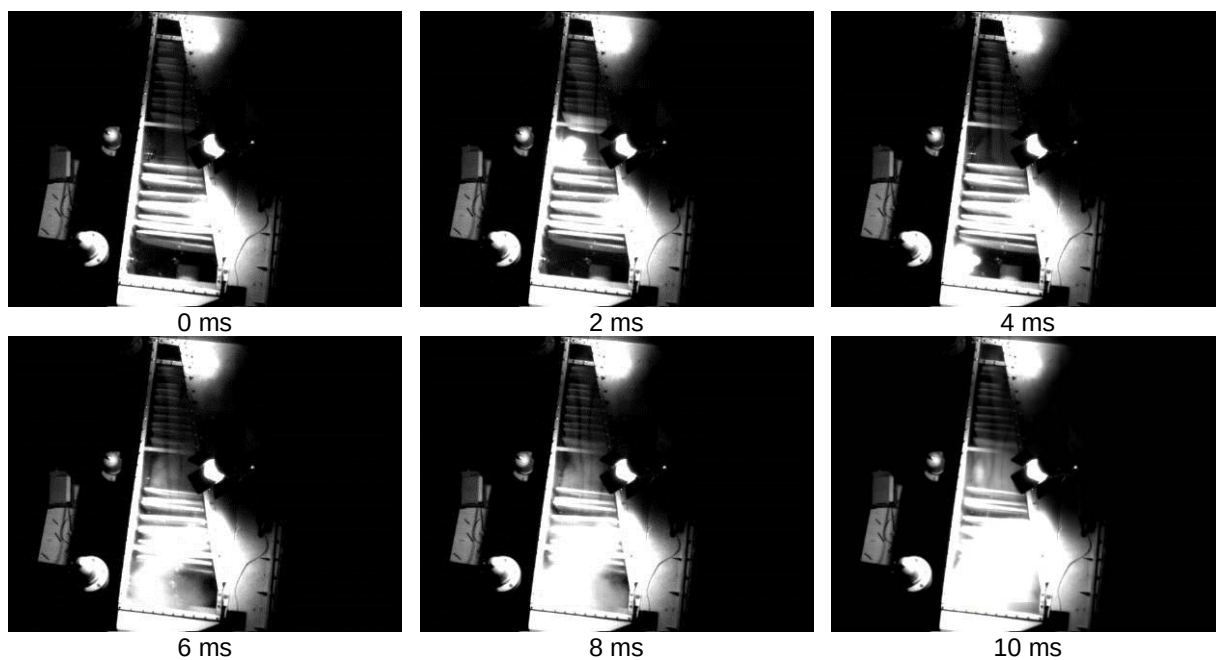
Rys. 16. Zdjęcia przedstawiające przebieg procesu działania aktywnego systemu tłumienia wybuchu zarejestrowanego przez boczną ścianę odpylacza suchego za pomocą kamery do zdjęć czarno-białych z szybkością filmowania 250 kl/s [13]

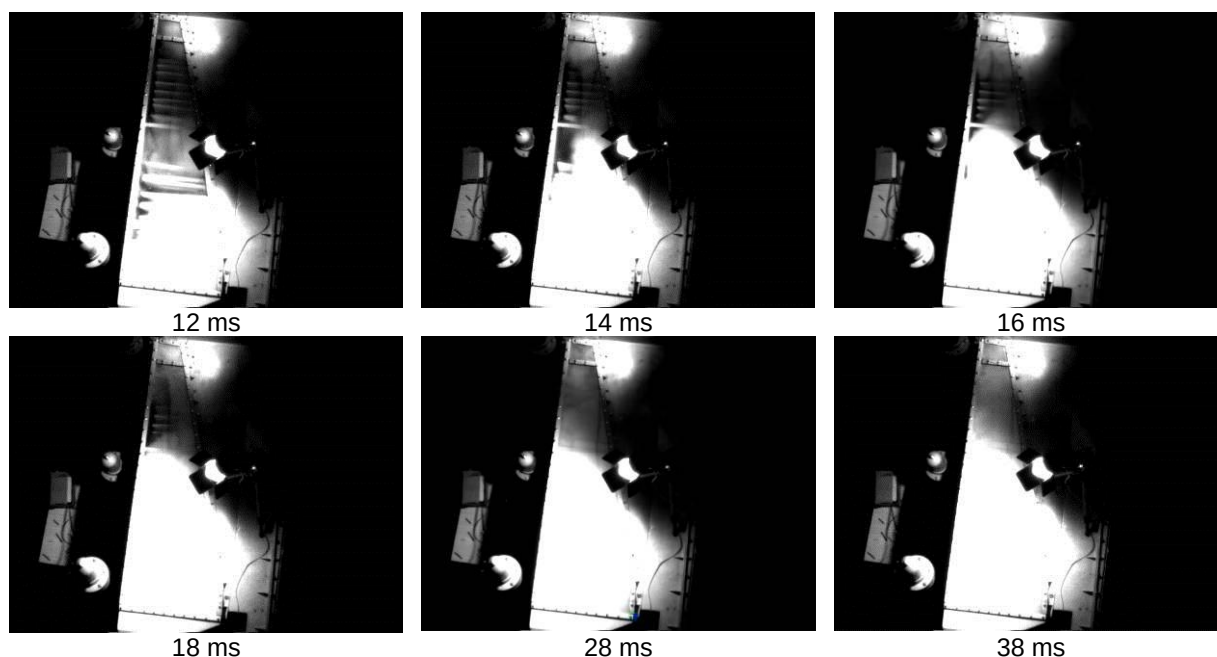
Na rysunku 17 przedstawiono proces działania aktywnego systemu tłumienia wybuchu zarejestrowanego przez boczną ścianę odpylacza. W tym przypadku rejestrację procesu wykonano za pomocą cyfrowej kamery do zdjęć kolorowych z szybkością filmowania 60 kl/s. Obserwacją objęto wlot do odpylacza suchego. Widać, że w momencie zadziałania układu gaśniczego na wejściu do odpylacza suchego pojawia się prawie natychmiast chmura rozpylonego proszku gaśniczego. Oszacowanie czasu pojawiania się chmury rozpylonego proszku gaśniczego przeprowadzono na podstawie porównania rysunków 16, 17 i 18. Można zauważyć, że przedstawiony na rysunku 16 na zdjęciu, z czasem 32 ms, moment trwania procesu rozpylania proszku gaśniczego odpowiada w przybliżeniu momentowi trwania procesu rozpylania proszku gaśniczego przedstawionego na rys. 17 na zdjęciu z czasem 33,3 ms. Ponieważ proszek gaśniczy pojawia się na wlocie odpylacza po ok. 16,7 ms (rys. 17), a na podstawie przedstawionych na rysunkach 16 i 18 etapów rozwoju procesu można przyjąć, że układ gaśniczy zaczął działać po czasie ok. 4 ms (proszek gaśniczy pojawia się na wlocie do odpylacza w przybliżeniu po ok. 12,7 ms od momentu zadziałania układu

gaśniczego). Świadczy to o tym, że proszek gaśniczy bardzo szybko wypełnia wnętrze odpylacza i szybko wydostaje się na zewnątrz tworząc osłonę zapobiegającą wydostawaniu się ewentualnego płomienia z wnętrza odpylacza na zewnątrz. Przebieg procesu rozpylania proszku gaśniczego w wyniku zadziałania aktywnego systemu tłumienia wybuchu zarejestrowany przez górną ścianę odpylacza przedstawiono na rysunku 18. Zdjęcia przedstawiają widok wnętrza odpylacza przed filtrami workowymi (czyli od tzw. strony „zapyłonej”). Pierwsze widoczne ślady zadziałania układu gaśniczego można zauważyć na zdjęciu po czasie 2 ms - widać początek wypływu proszku gaśniczego z gaśnicy środkowej. Natomiast na zdjęciu po czasie 4 ms widać początek wypływu proszku gaśniczego z gaśnicy pierwszej od strony wlotu. Wylot gaśnicy trzeciej jest na zdjęciach niewidoczny, gdyż zasłaniają go filtry workowe – pierwsze oznaki zadziałania gaśnicy pojawiają się na zdjęciu po czasie 10 ms. Na zdjęciu po czasie 12 ms widać już wyraźnie, że proszek gaśniczy rozpylony z gaśnicy trzeciej przedostaje się nad górną powierzchnię filtrów workowych. Po czasie ok. 28 ms proszek gaśniczy wypełnia w miarę równomiernie wnętrze obszaru odpylacza suchego.



Rys. 17. Zdjęcia przedstawiające przebieg procesu działania aktywnego systemu tłumienia wybuchu zarejestrowanego przez boczną ścianę odpylacza suchego za pomocą kamery do zdjęć kolorowych z szybkością filmowania 60 kl/s [13]





Rys. 18. Zdjęcia przedstawiające przebieg procesu działania aktywnego systemu tłumienia wybuchu zarejestrowanego przez górną ścianę odpylacza suchego za pomocą kamery do zdjęć czarno-białych z szybkością filmowania 500 kl/s [13]

Dodatkowych informacji dostarczyła również obserwacja przestrzeni komory wlotowej odpylacza suchego z filtrami workowymi, po zakończeniu próby. Na rysunku 19 porównano wygląd tej części komory, przed i po próbie. Widać, że większość filtrów workowych nie została uszkodzona w wyniku zadziałania układu tłumiącego. Stwierdzono, że rozpylony przez układ tłumiący proszek gaśniczy w miarę równomiernie pokrył powierzchnie filtrów i komory, co świadczy o jego dobrym rozpyleniu.

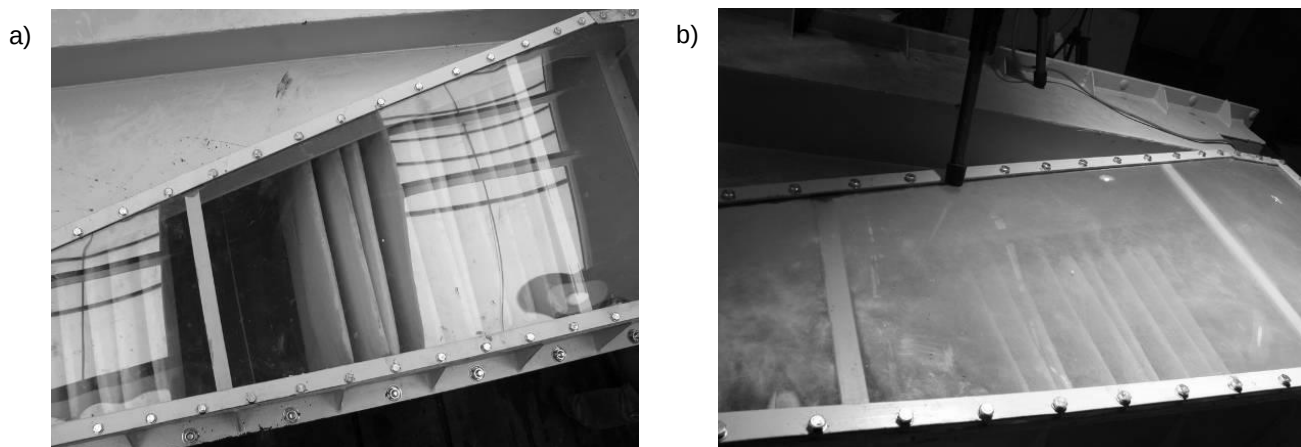
W następstwie zainicjowanego wybuchu nastąpiło zadziałanie aktywnego systemu jego tłumienia, uruchomionego sygnałem wygenerowanym przez fotodiody umieszczone wewnątrz odpylacza.

W wyniku natychmiastowego działania systemu uniemożliwiono pełny rozwój wybuchu. Stłumienie wybuchu nastąpiło tak szybko, że nie zaobserwowano uszkodzeń konstrukcji odpylacza. O tym, że wybuch został zainicjowany świadczyły m.in. ślady procesu spalania widoczne na powierzchni worków filtrujących.

Stwierdzono, że we wszystkich gaśnicach membrany zostały w pełni otworzone, a proszek gaśniczy został całkowicie wyspany z gaśnic.

Prawidłowo zadziałał również system sterowania.

Na podstawie wyników przeprowadzonych prób układu detekcji i tłumienia wybuchu opracowano wytyczne dla jego przemysłowego zastosowania.



Rys. 19. Widok od góry przestrzeni komory wlotowej odpylacza suchego z filtrami workowymi:
a) przed próbą; b) po próbie [13]

Stwierdzono, że układ stanowi funkcjonalny system zabezpieczenia przeciw skutkom eksplozji, a układ detekcji oparty o fotodiody daje wystarczająco silny i jednoznaczny sygnał dla układu wyzwalającego gaśnice. Dzięki temu układ detekcji może zostać wprost przeniesiony do odpylacza przemysłowego lub innych urządzeń, bez dalszych modyfikacji. Testy układu gaśniczego wykazały jego dużą wydajność i efektywność rozprzestrzeniania się chmury proszku gaśniczego, co pozwala również na przeniesienie układu wprost do odpylacza przemysłowego lub innych urządzeń, bez dalszych modyfikacji.

Urządzenie odpylające zaprojektowano tak, aby w zależności od miejsca lokalizacji odznaczało się: wysoką skutecznością działania, małym wpływem zmian poszczególnych parametrów pracy źródła zapylenia na skuteczność działania, dużą niezawodnością pracy, niskimi kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi oraz małymi wymiarami gabarytowymi.

9. Podsumowanie

Redukcja zapylenia powietrza poprzez odpylanie, przewietrzanie oraz zraszanie ma na celu eliminację zagrożenia wybuchu pyłu węglowego oraz ograniczenie zachorowalności na pylicę płuc. Wysoka skuteczność oraz powszechna dostępność urządzeń zraszających, jak również wzrost liczby wdrożeń przyczynia się do poprawy warunków pracy górników. Duże znaczenie ma również fakt, że nowe rozwiązania zraszające charakteryzują się niskim zużyciem wody oraz sprężonego powietrza, dzięki nowatorskim rozwiązaniom dysz zraszających opracowanych w KOMAG-u. Wdrażanie urządzeń odpylających zapewnia wysoką skuteczność odpylania, szczególnie w zakresie frakcji wdychalnych, przy odpowiednio niskich oporach przepływu. Przykładem mogą być urządzenia dostosowane do lokalnego odpylania, stosowane w układach wentylacyjnych lub do strukturalnego odpylania całych wyrobisk. Duża niezawodność systemów oraz możliwość wykorzystania ich w wyrobiskach górniczych sprawia, że urządzenia te stają się jednym z głównych sposobów redukcji pyłu w kopalniach.

Pozytywne wyniki z badań stanowiskowych odpylacza suchego wyposażonego w aktywny system tłumienia wybuchu stanowią podstawę do budowy odpylacza przemysłowego, który może być zastosowany w przestrzeniach zagrożonych wybuchem pyłu i metanu, przy jednoczesnym utrzymaniu dużego komfortu środowiskowego pracy.

Literatura

1. Bałaga D., Siegmund M., Urbanek A.: Nowe rozwiązania urządzeń zraszających ograniczające zagrożenia pyłowe w górnictwie. Masz. Gór. 2012 nr 2 s. 50-55.

2. Bałaga D., Siegmund M.: Urządzenia zraszające od redukcji zapylenia w wyrobiskach chodnikowych z zastosowaniem mgły wodnej. Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych. Monografia, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków 2013 s. 97-106; 0,60 ark. wyd., ISBN 978-83-930353-1-1
3. Jedziniak M.: Małogabarytowe urządzenie odpylające. Masz. Gór. 2013 nr 4 s. 34-38.
4. Karowiec K.: Zwalczanie zapylenia za pomocą wyrzutu strumienia powietrza nasyconego mgłą wodną na źródło pyłu. Maszyny Górnicze. Urządzenia Odpylające. Nr 5, Gliwice, czerwiec 1984 r.
5. Libera K., Puchała B., Prostański D., Bałaga D.: System powietrzno-wodnej instalacji zraszającej w kombajnach chodnikowych produkcji REMAG-u. Masz. Gór. 2010 nr 2 s. 19-24.
6. Prostański D., Bałaga D., Rojek P., Sedlaczek J.: Powietrzno-wodna instalacja zraszająca do kombajnów górniczych - rozwiązanie ciągle doskonałe. Masz. Gór. 2009 nr 1 s. 3-12.
7. Pieczora E., Prostański D., Bałaga D., Rojek P.: Air-water sprinkling - cheaper, comfortably and safely. Materiały na konferencję: 33rd Conference of Safety in Mines Research Institutes, Wisła, September 15-18, 2009. Gór. Śr., Pr. Nauk. GIG 2009 nr 3/1 s. 179-190.
8. Prostański D., Bałaga D.: Prace badawcze Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w zakresie powietrzno-wodnych instalacji zraszających. Masz. Gór. 2010 nr 3-4 s. 156-162.
9. Warych J. Odpylanie gazów metodami mokrymi. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, 1979
10. Dokumentacja techniczna urządzenia odpylającego BSA-600/260-320, ITG Komag, Gliwice 2013.
11. Dokumentacja techniczna urządzenia odpylającego UO-1200, ITG Komag, Gliwice 2013.
12. Szkudlarek Z.: Praca badawcza: Odpylacz suchy z impulsowym filtrem workowym. ITG KOMAG, Gliwice 2004. (Materiały nie publikowane).
13. Sprawozdanie końcowe ITG KOMAG z realizacji projektu rozwojowego pt. Urządzenie odpylające z aktywnym układem tłumienia wybuchu. Gliwice 2006. (Materiały nie publikowane).
14. Strona internetowa firmy KOPEX, www.kopex.com.pl, dostęp dnia 25 czerwca 2015 r.
15. Portal górniczy www.nettg.pl, dostęp dnia 25 czerwca 2015 r.
16. Archiwum fotograficzne ITG KOMAG

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

Przemysłowe zastosowanie metody natężeniowej w badaniach prowadzonych na stanowiskach pracy w zakładach górniczych

Streszczenie

Hałas jest ciągle istotnym zagrożeniem na stanowiskach pracy, zwłaszcza w zakładach górniczych. Ograniczanie hałasu wymaga stosowania zaawansowanych metod badawczych. Jedną z nich jest numeryczne modelowanie pola akustycznego w oparciu o pomiary natężenia dźwięku. Poprawna identyfikacja parametrów akustycznych źródeł dźwięku oraz parametrów pola akustycznego może przyczynić się do zwiększenia skuteczności projektowanych środków redukcji hałasu. W artykule zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych w zakładach górniczych, m.in. w KGHM Polska Miedź S.A. celem zwiększenia skuteczności ochrony przed hałasem.

Słowa kluczowe: hałas, zakłady przeróbki surowców mineralnych, metoda natężeniowa, koncepcje ograniczenia hałasu, identyfikacja oddziaływania źródeł dźwięku

Keywords: noise, minerals' processing plants, sound intensity method, concepts for noise reduction, identification of impact of sound sources

Summary

Noise is still a significant hazard at workplaces, especially in the mining plants. Reduction of noise requires use of advanced testing methods. Numerical modelling of acoustic field basing on the measurements of sound intensity is one of those methods. Correct identification of acoustic parameters of sound sources and parameters of acoustic field can contribute to increasing the effectiveness of planned measures for noise reduction. The results of tests carried out in mining plants, among others in KGHM Polska Miedź S.A., aimed at increasing the effectiveness of noise control are presented.

1. Wstęp

Zagrożenie hałasem i wynikająca z niego utrata słuchu oraz inne choroby zawodowe związane z tym zagrożeniem są jednym z dominujących problemów zdrowotnych obserwowanych pośród pracowników zakładów przeróbki surowców mineralnych [3]. Obserwowane są zarówno w zakładach przeróbki (wzbogacania) węgla, jak i rud metali żelaznych i nieżelaznych. Przyczyn takiego stanu rzeczy jest wiele. Jedną z nich jest powszechnie stosowana technologia przeróbki surowców mineralnych. Najczęściej maszyny i urządzenia zgrupowane są w ciągi technologiczne, zlokalizowane jeden przy drugim, we wspólnej hali lub w połączonych ze sobą budynkach. Budynki niejednokrotnie tworzą wspólną przestrzeń, w której swobodnie propagują się fale akustyczne. Taka kompozycja przestrzenna przyczynia się do wzrostu poziomu mocy akustycznej przypadającej na jednostkę powierzchni, powodując także sumowanie się poziomu dźwięku emitowanego przez poszczególne maszyny i urządzenia [4]. Kolejną przyczyną powyżej opisanego problemu jest stosowanie na potrzeby projektowania metod i środków redukcji hałasu, niewłaściwych metod badań akustycznych,

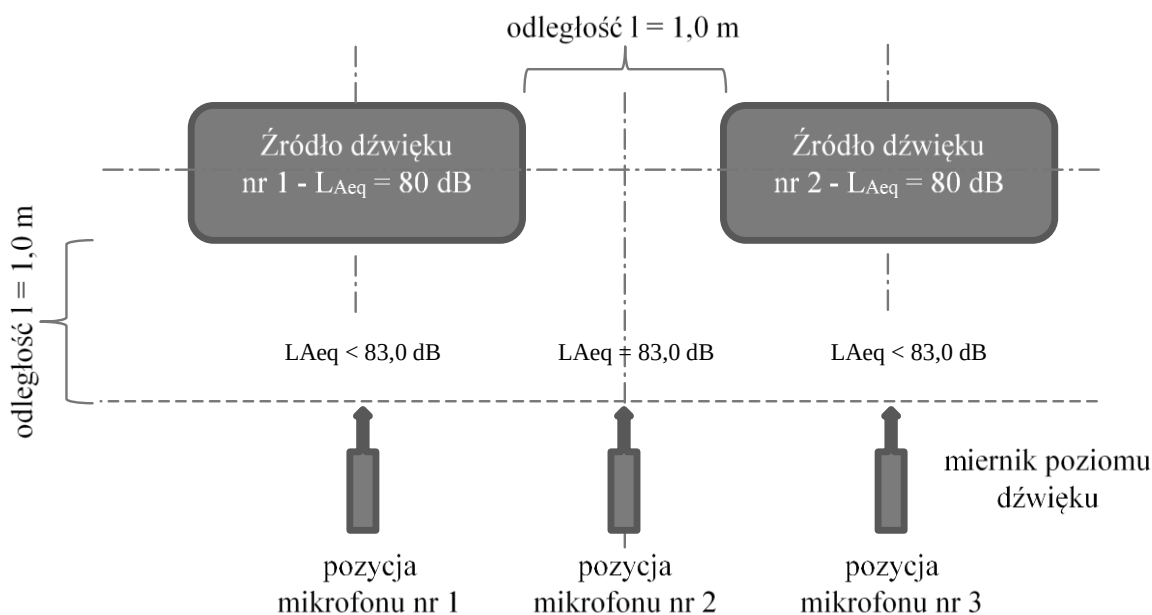
w tym przede wszystkim metody opartej na pomiarze ciśnienia akustycznego [1]. Należy podkreślić, iż możliwość skutecznego ograniczenia ponadnormatywnej emisji dźwięku uzależniona jest w znacznej mierze od poprawnej identyfikacji źródeł oraz identyfikacji parametrów akustycznych, takich jak:

- poziom dźwięku lub poziom natężenia dźwięku,
- poziom mocy akustycznej,
- charakterystyka częstotliwościowa dźwięku,
- charakterystyka kierunkowa dźwięku.

Klasyczna i szeroko stosowana metoda oparta na pomiarze ciśnienia akustycznego nie pozwala na rozgraniczenie oddziaływania jednego źródła od drugiego, zwłaszcza w sytuacji gdy w obszarze badań zlokalizowanych jest więcej maszyn i urządzeń [5]. Efektem tego jest najczęściej popełnienie błędu grubego i przypisanie w identyfikacji parametrów akustycznych źródła dźwięku, sumy oddziaływania kilku najbliższych źródeł dźwięku. Taki błąd jest dość powszechny w badaniach identyfikacji źródeł dźwięku zlokalizowanych w zakładach przeróbki surowców mineralnych. Błąd ten jest trudny do zauważenia podczas weryfikacji wyników pomiarów akustycznych. Ponieważ zabezpieczenia przeciwhałasowe mogą być

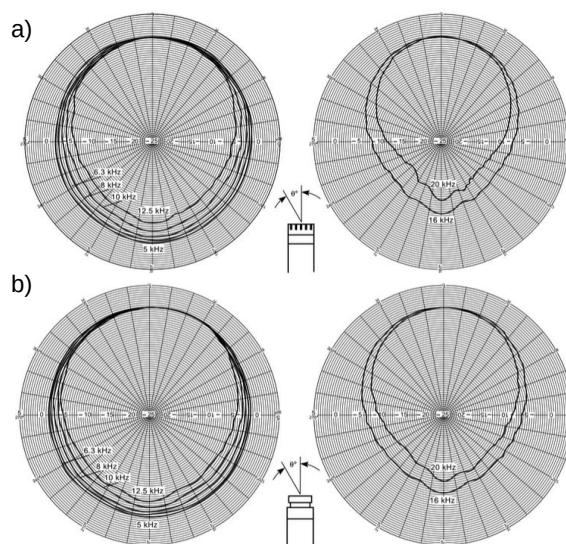
projektowane jedynie na podstawie badań numerycznych (symulacji komputerowych), stąd istnieje potrzeba numerycznej reprezentacji źródeł dźwięku w opracowywanym modelu. Nawet niewielki błąd popełniony w identyfikacji parametrów akustycznych źródeł dźwięku na etapie pomiarów akustycznych, może sumować się w modelu numerycznym, co w przypadku wielu źródeł dźwięku, może powodować, że wyniki badań numerycznych będą znacząco odbiegały od rzeczywistości. Graficzną interpretację opisanego powyżej problemu, przedstawiono na rysunku 1.

Przykład taki przedstawiono na rysunku 2. Taka charakterystyka mikrofonu dodatkowo utrudnia prowadzenie badań na potrzeby identyfikacji parametrów akustycznych źródeł dźwięku w przestrzeniach zamkniętych, gdzie występuje duże nagromadzenie maszyn i urządzeń o znacznej mocy akustycznej. Prawidłowym podejściem w takim przypadku byłoby zastosowanie mikrofonów kierunkowych, jednak i to nie zapobiegłoby możliwości popełnienia błędu w identyfikacji parametrów akustycznych źródeł dźwięku.



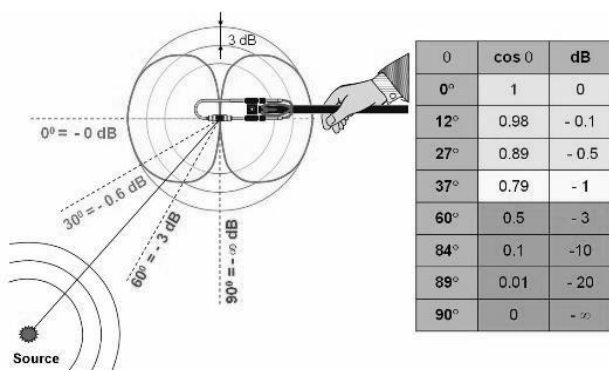
Rys. 1. Graficzna interpretacja sumowania się oddziaływania kilku źródeł dźwięku [opracowanie własne]

W sytuacji przedstawionej na rysunku 1, gdy w bezpośredniej bliskości znajdują się dwa źródła dźwięku o poziomie dźwięku 80,0 dB każde, dokonując pomiaru na potrzeby identyfikacji parametrów akustycznych źródła dźwięku nr 1, w pozycji mikrofonu nr 1 będzie można odczytać poziom dźwięku zbliżony do 83,0 dB (nieznacznie poniżej 83,0 dB). Prawidłowym podejściem w takim przypadku byłoby wyłączenie maszyn i urządzeń innych niż badane, a następnie przeprowadzenie pomiarów akustycznych. Gdy maszyny i urządzenia pracują w ciągu technologicznym, takie podejście nie jest możliwe, ponieważ występuje bezpośrednia zależność jednej maszyny od drugiej. Innym sposobem jest zastosowanie metody skrzynki pomiarowej, która jednak jest kłopotliwa i nie sprawdza się, gdy w badanym sygnale dominują częstotliwości poniżej 200 Hz. W badaniach metodą opartą na pomiarze ciśnienia akustycznego stosuje się najczęściej mikrofony, których charakterystyka kierunkowa odbioru, dla większości częstotliwości środkowych pasm tercjowych jest zbliżona do koła, o środku zlokalizowanym w środku membrany mikrofonu.



Rys. 2. Charakterystyka kierunkowa odbioru typowego mikrofonu pomiarowego [2]:
a) z osłoną „siatkową” mikrofonu dla $f = 5.0 \text{ kHz}$; 6.3 kHz ; 8.0 kHz ; 10.0 kHz ; 12.5 kHz ; 16.0 kHz ; 20.0 kHz ;
b) bez osłony „siatkowej mikrofonu” dla $f = 5.0 \text{ kHz}$; 6.3 kHz ; 8.0 kHz ; 10.0 kHz ; 12.5 kHz ; 16.0 kHz ; 20.0 kHz

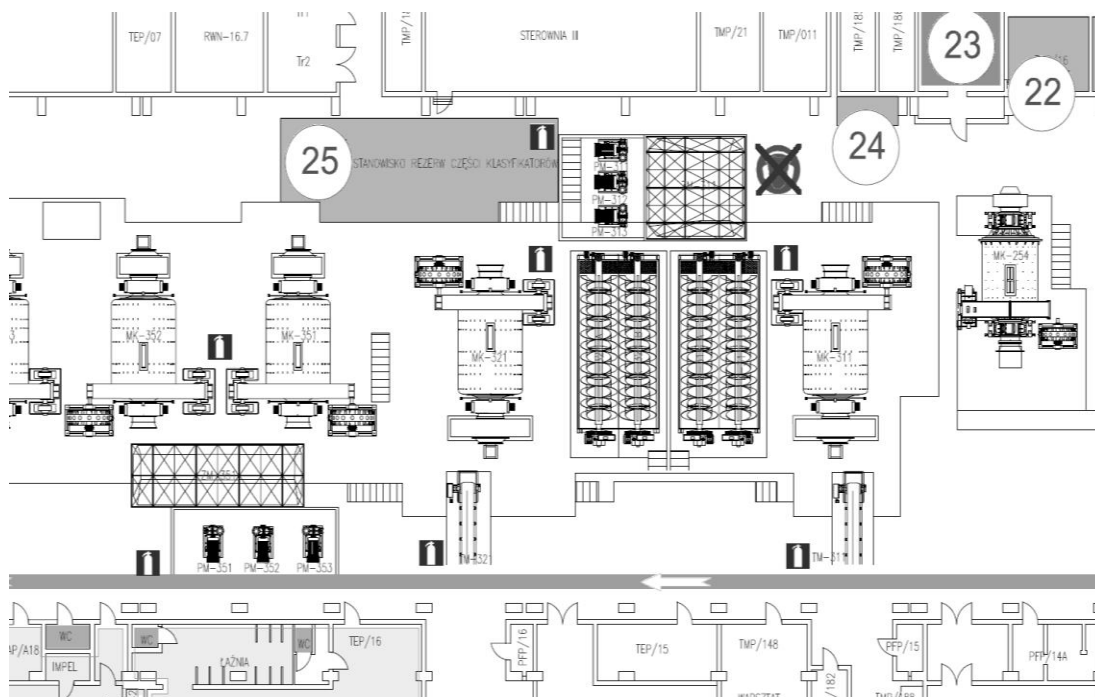
Metodą właściwą do prowadzenia badań w zakładach przeróbki surowców mineralnych jest metoda oparta na pomiarze składowej normalnej wektora natężenia dźwięku, zwana metodą natężeniową. Pomiar prowadzi się z użyciem sondy mikrofonowej lub sondy termicznej [7], która ze względu na swój niewielki rozmiar wprowadza najmniejsze zaburzenia pola akustycznego. Sonda ta może być stosowana do prowadzenia precyzyjnych pomiarów w niewielkich przestrzeniach, w tym m.in. w kanałach wentylacyjnych [8]. Sonda mikrofonowa składa się z dwóch mikrofonów rozdzielonych elementem dystansującym - spliterem, o dokładnie określonej długości. Czułość sondy uzależniona jest od kąta padania fal akustycznych, i pogarsza się istotnie po przekroczeniu kąta 37° , co pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Czułość sondy natężeniowej (mikrofonowej) w zależności od kąta padania fal akustycznych [6]

2. Badania parametrów akustycznych metodą natężeniową w zakładach przeróbki surowców mineralnych

Metodę natężeniową zastosowano m.in. podczas badań prowadzonych w Zakładzie Wzbogacania Rud KGHM Polska Miedź S.A. Badania prowadzono w celu opracowania koncepcji zabezpieczeń wibroakustycznych na stanowiskach pracy i w pomieszczeniach przeznaczonych do przebywania pracowników. Badaniami objęto przesiewalnię, halę kruszarek, nową halę przesiewalni, młynownię, oddział PFP (rys. 4), w tym: halę młynowni, halę flotacji oraz halę główną suszarni. Tak szerokie przemysłowe zastosowanie metody natężeniowej, było nowością i służyło do identyfikacji parametrów akustycznych maszyn i urządzeń, jak również do określenia poziomu energii przenikającej z różnych przestrzeni badawczych. Badaniami objęto wiele grup maszyn i urządzeń, w tym: przenośniki oraz napędy przenośników taśmowych, kruszarki, młyny prętowe, pompy, klasyfikatory, itp. Pomiary akustyczne prowadzone metodą natężeniową stały się podstawą do opracowania modelu numerycznego rozkładu pola akustycznego Zakładu Wzbogacania Rud, jak również do numerycznej weryfikacji zabezpieczeń przeciwhałasowych. Możliwe było również określenie najbardziej pożądanych cech zabezpieczeń przeciwhałasowych, zarówno w zakresie cech konstrukcyjnych, jak i materiałowych.

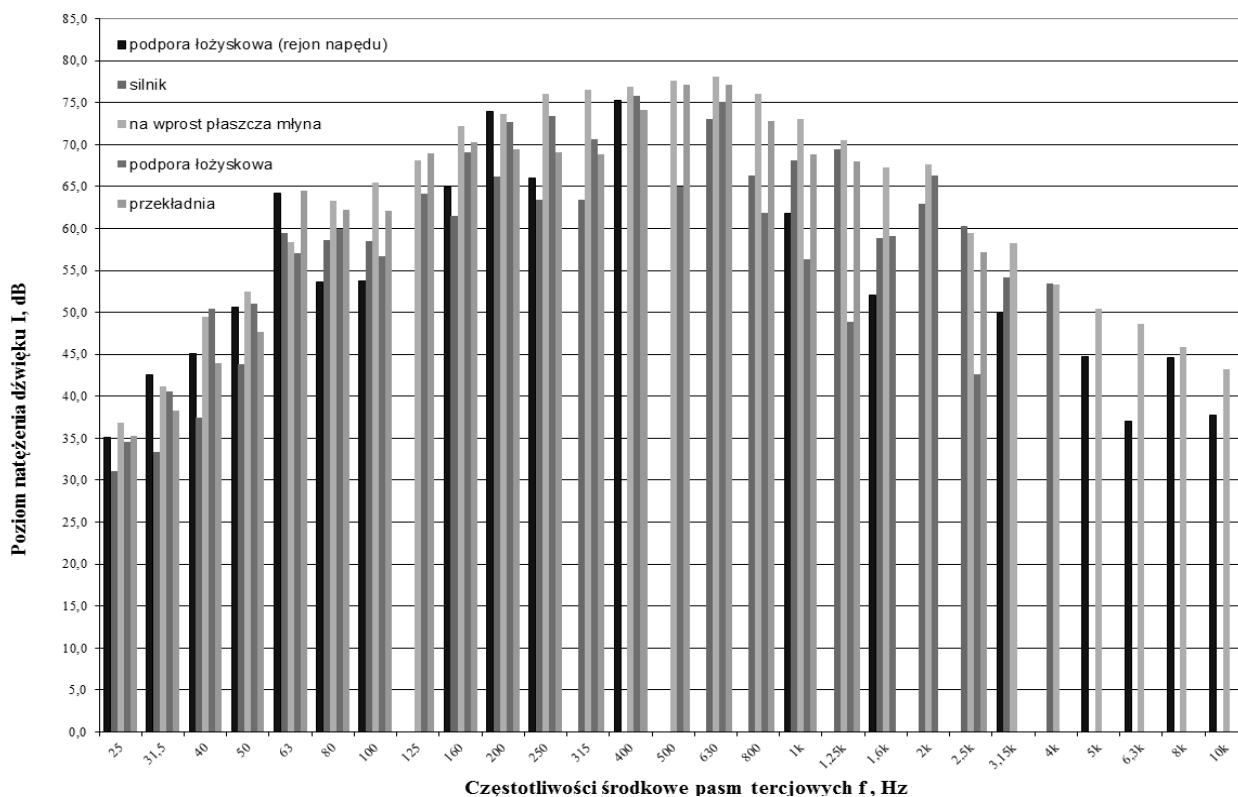


Rys. 4. Plan rozmieszczenia maszyn i urządzeń w oddziale PFP obrazujący skalę problemów badawczych związanych z gęstym rozmieszczeniem źródeł dźwięku [źródło: KGHM Polska Miedź S.A.]

Cechą charakterystyczną metody natężeniowej jest możliwość identyfikacji parametrów akustycznych badanej maszyny/urządzenia w przypadku oddziaływania na siebie różnych maszyn i urządzeń. Przykład takiej identyfikacji zaprezentowano na rysunku 5. Badanym źródłem dźwięku był młyn prętowy, zlokalizowany w rejonie innych źródeł dźwięku, takich jak klasyfikatory, pompy oraz pozostałe młyny surowców mineralnych. Młyn prętowy składa się m.in. z silnika, przekładni, podpór łożyskowych oraz bębna, w którym poruszają się pręty. Podczas badań określono poziom natężenia dźwięku dla poszczególnych częstotliwości środkowych pasma tercjowego, dla opisanych powyżej źródeł dźwięku młyna prętowego. Badania te pozwoliły na opracowanie modelu numerycznego młyna prętowego z podziałem na poszczególne źródła dźwięku. Nie byłoby to możliwe bez identyfikacji parametrów akustycznych każdego ze źródeł dźwięku. Identyfikacja taka możliwa była jedynie z użyciem metody natężeniowej, ponieważ źródła dźwięku znajdują się w niewielkiej odległości od siebie oraz charakteryzują się znacznym poziomem mocy akustycznej. Ponadto w czasie badań jednego źródła dźwięku, nie było możliwe powstrzymanie procesu generowania fal akustycznych z pozostałych źródeł.

Opracowanie modelu numerycznego młyna prętowego z podziałem na poszczególne źródła dźwięku umożliwiło m.in. dostosowanie parametrów transmisji środków redukcji hałasu do parametrów akustycznych źródła dźwięku. Prowadzenie badań numerycznych z przyjęciem takich założeń umożliwia także projektowanie indywidualnych zabezpieczeń przeciwhałasowych, co przyczynia się do ograniczenia kosztów działań inwestycyjnych oraz zwiększenia skuteczności ograniczania ponadnormatywnego hałasu.

Badając poziom natężenia dźwięku dla poszczególnych częstotliwości pasm tercjowych lub oktaowych, można z użyciem metody natężeniowej, identyfikować energię fal akustycznych pochodzących z badanego źródła dźwięku, jak również energię fal akustycznych, które mają inne pochodzenie, np. są to fale odbite lub pochodzące z innych niż badane, źródeł dźwięku. Mierzony z użyciem powyżej opisywanej metody poziom natężenia, jest uśrednionym w czasie przepływem strumienia energii fal akustycznych przez jednostkową powierzchnię, prostopadłą do kierunku fal. Jednakże w badaniach na obiektach rzeczywistych parametrem identyfikowanym w czasie pomiarów z użyciem tej metody, jest poziom natężenia dźwięku.

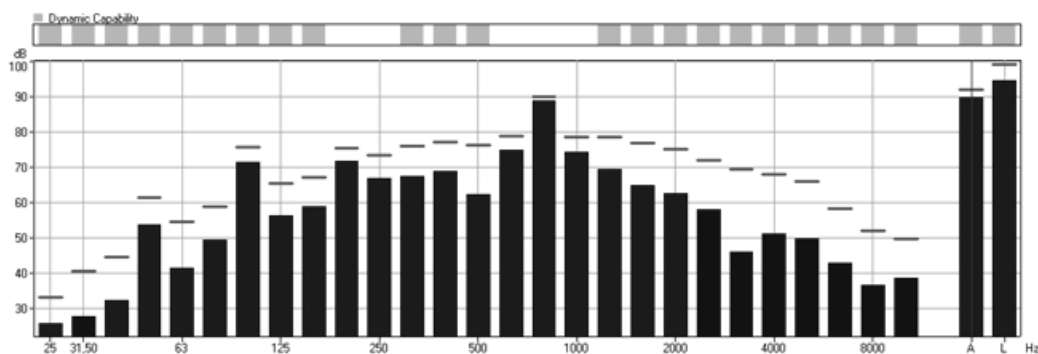


Rys. 5. Poziom natężenia dźwięku dla poszczególnych częstotliwości pasm tercjowych określony dla młyna MK-321 [badania własne]

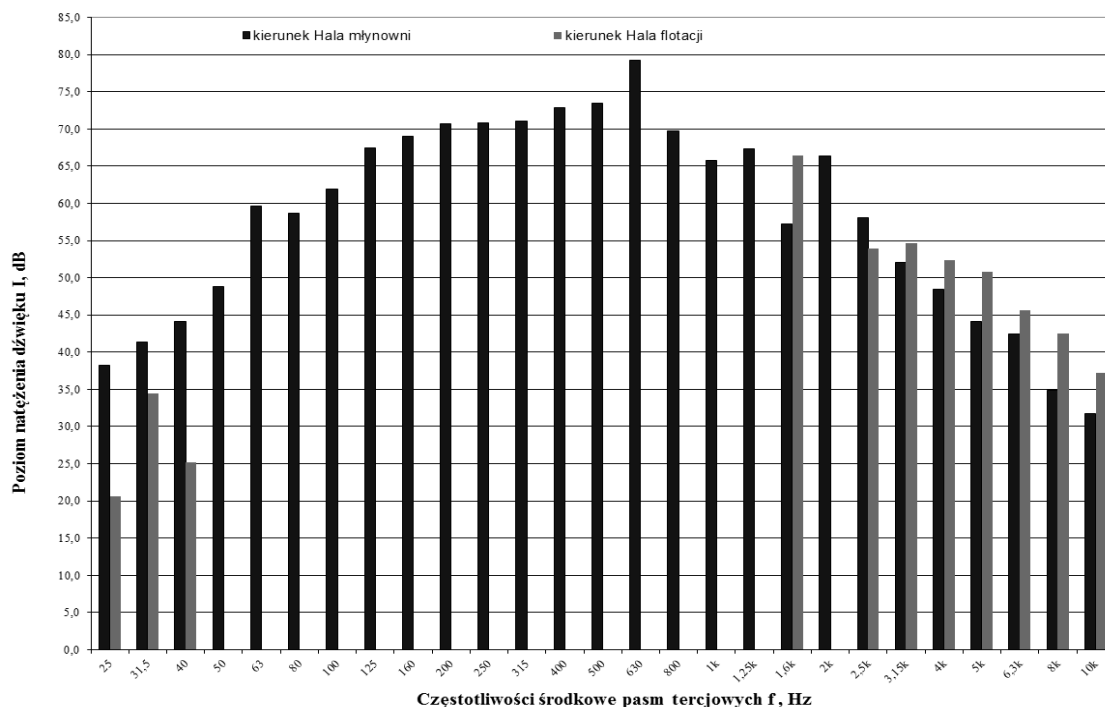
Na jego podstawie określa się najczęściej poziom mocy akustycznej źródeł dźwięku, co daje podstawę do numerycznej reprezentacji źródeł dźwięku w modelu. Dzięki temu w badaniach numerycznych możliwa jest identyfikacja pola akustycznego, a także dominujących źródeł dźwięku. Identyfikację natężenia dźwięku dla fal akustycznych pochodzących z badanego źródła oraz fal innego pochodzenia przedstawiono graficznie na rysunku 6. Kolorem bordowym określono oddziaływanie pochodzące z badanego źródła dźwięku, natomiast kolorem niebieskim, inne oddziaływanie. Metoda natężeniowa umożliwia również określenie oddziaływania na siebie dwóch przestrzeni, co zobrazowano na rysunku 7. Na podstawie przeprowadzonych badań w przejściu pomiędzy halą młynowni i halą flotacji, stwierdzono, iż dominujące oddziaływanie pochodzi z hali młynowni. Na tej podstawie określono potrzebę ochrony hali flotacji przed hałasem pochodzącym z hali młynowni, poprzez zastosowanie śluz o podwyższonej izolacyjności akustycznej.

3. Podsumowanie

Stosowana powszechnie metoda badań oparta na pomiarze ciśnienia akustycznego nie może być stosowana zwłaszcza w przypadku dużego nagromadzenia maszyn i urządzeń na jednostkę powierzchni. Problem ten występuje zwłaszcza w zakładach przeróbki surowców mineralnych. Należy wówczas stosować metodę badań opartą na pomiarze składowej normalnej wektora natężenia dźwięku, która z powodzeniem była weryfikowana podczas badań m.in. obiektów energetycznych. Metoda natężeniowa pozwala na identyfikację energii fal akustycznych pochodzących z badanego źródła dźwięku, jak również energii fal akustycznych, które mają inne pochodzenie. Otrzymane wyniki badań z użyciem metody natężeniowej, potwierdziły jej przydatność do prowadzenia analiz akustycznych złożonych przestrzennie obiektów przemysłowych.



Rys. 6. Pomiar natężenia dźwięku pompy tłokowej sondą mikrofonową [badania własne]



Rys. 7. Analiza oddziaływania na siebie przestrzeni dwóch hal: Hali młynowni i Hali flotacji [badania własne]

Określając koncepcję ograniczenia hałasu na stanowiskach pracy należy mieć na uwadze, iż zabezpieczenia przeciwhałasowe mogą być projektowane jedynie na podstawie badań numerycznych, które nie są obarczone błędami grubymi w identyfikacji parametrów akustycznych źródeł dźwięku.

Literatura

1. Kinsler L., Frey A., Coppers A., Sanders J.: Fundamentals of Acoustics. J. Wiley. New York 1982.
2. Microphone Handbook. Technical documentation. Brüel&Kjær, Nærum, 1995.
3. Ocena zagrożenia i ograniczanie narażenia na hałas na stanowiskach pracy. Główny Inspektorat Sanitarny. Warszawa, 2011.
4. Pierchała M.: Analiza przyczynowo-skutkowa oddziaływania zakładów przemysłowych na klimat akustyczny aglomeracji. Masz. Gór. 2007 nr 1 s. 7 15, il.
5. Pierchała M.: Badania pola akustycznego w przestrzeniach zamkniętych obiektów energetycznych. Prace Naukowe - Monografie KOMAG nr 42, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2014 s. 1-80; wyd., ISBN 978-83-60708-81-1.
6. Sound Intensity Measurements with LAN-XI. Brüel&Kjær, Nærum, 2002.
7. Weyna S.: Rozpływ energii akustycznych źródeł rzeczywistych. Warszawa: WNT, 2005.
8. Weyna S.: Some comments about the existing theory of sound with comparison to the experimental research of vector effect in real-life acoustic near fields. Kraków-Zakopane: LIII Otwarte Seminarium z Akustyki, 2006, p. 75 ÷ 86.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

mgr inż. Marek KOSTKA
KOPEX Machinery S.A.
mgr inż. Łukasz KRZAK
GABRYPOL Sp. J., Z. i R. Juszczak
mgr inż. Andrzej GAWLIŃSKI
KWK BUDRYK
dr inż. Dariusz JASIULEK
dr inż. Mariusz LATOS
dr inż. Joanna ROGALA-ROJEK
dr inż. Krzysztof STANKIEWICZ
mgr inż. Sławomir BARTOSZEK
mgr inż. Sebastian JENDRYSIK
mgr inż. Jerzy JURA
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Systemy monitoringu, diagnostyki i sterowania maszyn górniczych

Streszczenie

Systemy monitoringu, sterowania i automatyzacji, zdolne do adaptacji i uczenia się, są co raz szerzej stosowane w praktyce przemysłowej. Wzrasta również obszar zastosowań systemów inteligentnych w polskim górnictwie węgla kamiennego. W artykule przedstawiono wybrane prace realizowane w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, we współpracy z KOPEX MACHINERY S.A., KWK Budryk i Gabrypol Sp. J. Z. i R. Juszczak, w powyższym zakresie, które podnoszą wydajność maszyn i procesów technologicznych oraz zwiększają bezpieczeństwo pracy w górnictwie. Zaprezentowano modułowy, iskrobezpieczny system sterowania KOGAster, zintegrowany system sterowania węzłem osadzkowym KOGA, system wibrodiagnostyczny maszyn górniczych VITO oraz system elektronicznej identyfikacji i ewidencji części maszyn Iris jako przykłady prac nad inteligentnymi maszynami górniczymi.

Słowa kluczowe: inteligencja maszynowa, mechatronika, automatyka, górnictwo, diagnostyka, monitoring

Keywords: machine intelligence, mechatronics, automation, mining, diagnostics, monitoring

Summary

The control and automation systems, i.e. the systems capable for adaptation and learning, gain wider group of users. The area of implementation of intelligent systems in the Polish hard coal mining industry also extends. Selected projects realized at the KOMAG Institute of Mining Technology in cooperation with KOPEX MACHINERY S.A., KWK Budryk and Gabrypol Sp. J. Z. i R. Juszczak, as regards state-of-the-art, intelligent mechatronic systems, which increase the safety in the mining industry and which reduce energy consumption of technological process of coal production, are presented in the paper. Discussed projects include the modular, intrinsically safe KOGAster control system, the KOGA - integrated control system of jig's cell, the vibro-diagnostics system VITO dedicated for mining machinery and an iRIS - electronic system of identification and registration of machine parts.

1. Wprowadzenie

Inwestycje w górnictwie powinny być skierowane na innowacje techniczne i technologiczne oraz zmierzać do realizacji idei inteligentnej kopalni. Uzależnione są one jednak od czynników ekonomicznych, jak również stanu zaawansowania technologii i możliwości podniesienia poziomu bezpieczeństwa.

Efektywność procesu wydobywania jest ciągle zwiększana poprzez wdrażanie innowacyjnych systemów maszynowych, jak również poprzez ograniczenie liczby awarii i ograniczenie skutków zagrożeń powodujących wypadki w kopalniach.

Eksploracja w coraz trudniejszych warunkach górnictwo-geologicznych wymaga zatem stosowania specjalistycznych maszyn, o zwiększonej trwałości i niezawodności. Również technologie stosowane w górnictwie coraz częściej wiążą się z wprowadzeniem wysoko zaawansowanego oczujnikowania i oprogramowania komputerowego do sterowania procesem wydobywania. Należy jednak podkreślić, że wysokopoziomowa automatyzacja wymaga niezawodnej integracji danych napływających z poszczególnych systemów sterowania maszyn i urządzeń oraz rozwiązań klasy BigData (zaawansowane przetwarzanie danych).

Wyniki obecnie prowadzonych prac [4, 6, 8, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 26] wskazują, że w najbliższych latach rozwój maszyn i systemów górniczych związany będzie z inteligentnym sterowaniem, projektowanym zgodnie z ideą komunikacji Maszyna do Maszyny (M2M) oraz koncepcją Industry 4.0. Sztuczna inteligencja wspomże operatora w ocenie warunków pracy, a także wesprze go w podejmowaniu decyzji.

O wydajności i energochłonności maszyn decyduje początkowa faza projektowania i prac badawczo-rozwojowych, stąd istotna jest ścisła współpraca, od powstania koncepcji, wszystkich odpowiedzialnych specjalistów z jednostek naukowych, producentów i użytkowników. Ciągłe rozwijane metody symulacji komputerowej stwarzają nowe możliwości w projektowaniu, sprawdzaniu funkcjonalności i badaniach maszyn, co ogranicza możliwości powstawania błędów w fazie projektowania, a w konsekwencji minimalizuje koszty w fazie produkcji i eksploatacji. Techniki symulacji ograniczają również czas modernizacji i serwisowania maszyn w wyniku wcześniejszego testowania z zastosowaniem modeli komputerowych.

Przykłady coraz szerzej prowadzonej automatyzacji i wdrażania układów inteligentnego sterowania maszyn i urządzeń w górnictwie podziemnym wskazują na ich znaczną przewagę w porównaniu ze sterowaniem manualnym, wykonywanym przez operatorów maszyn [15]. Główne korzyści wynikające z wdrażania inteligentnych systemów maszynowych w górnictwie to:

- zwiększenie bezpieczeństwa pracy poprzez ograniczenie liczby pracowników w strefach niebezpiecznych,
- ograniczenie narażenia pracowników na oddziaływanie gazów, zapylenia, hałasu i wibracji i innych szkodliwych czynników,
- zwiększanie efektywności produkcji poprzez zwiększenie wykorzystania czasu pracy maszyn,
- zmniejszanie kosztów procesów produkcji poprzez zwiększenie trwałości, niezawodności i energochłonności pracy maszyn i urządzeń.

W ITG KOMAG opracowano szereg rozwiązań technicznych, które wpisują się w ideę inteligentnych maszyn. W niniejszej publikacji przedstawiono system wibrodiagnostyczny umożliwiający diagnozowanie maszyn pracujących w zmiennych warunkach obciążenia, system sterowania rozproszonego KOGASTER, system sterownia węzłem osadarkowym KOGA oraz kolejny moduł systemu identyfikacji elektronicznej iRIS. Są one produkowane, wdrażane i modernizowane dzięki współpracy z szerokim gronem partnerów przemysłowych Instytutu. System KOGA został opracowany dzięki ścisłej współpracy z Zakładem Przeróbczym KWK BUDRYK z Ornontowic. Systemy

KOGASTER i KOGA produkowane są w konsorcjum z firmą GABRYPOL Sp. J. z Katowic, a system wibrodiagnostyki VITO i moduł systemu iRIS powstały w wyniku kooperacji z KOPEX MACHINERY S.A.

2. System wibrodiagnostyki kombajnu ścianowego

System wibrodiagnostyki został opracowany w ramach konsorcjum ITG KOMAG, KOPEX MACHINERY S.A. oraz ELGÓR + HANSEN S.A., współpracującego w projekcie badawczym INERG „Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju”, dofinansowanym przez NCBiR. Celem projektu było opracowanie i wytworzenie innowacyjnego kombajnu ścianowego przeznaczonego do pracy w pokładach niskich, współpracującego z nowoczesnym systemem obserwacji warunków pracy, diagnostyki i identyfikacji. System, w oparciu m.in. o analizę sygnałów drganiowych, monitoruje i diagnozuje elementy przekładni pracujących maszyn [2].

Celem jest wczesne wykrywanie uszkodzeń elementów przekładni oraz identyfikacja miejsca uszkodzenia i prognozowanie jego rozwoju, co umożliwi wcześniejsze usunięcie możliwości zaistnienia awarii maszyny. Stosując proponowany system wibrodiagnostyczny służby serwisowe będą w stanie zdecydowanie wcześniej zaplanować wymianę części, zanim dojdzie do ich całkowitego uszkodzenia, unikając nieplanowanego zatrzymywania maszyny górniczej, co może przynieść znaczne korzyści ekonomiczne, zarówno po stronie producenta, jak i użytkownika maszyny [3, 24, 27].

Cechą charakterystyczną opisywanego systemu wibrodiagnostycznego jest możliwość pracy automatycznej w warunkach dołowych, przy zmiennych warunkach obciążenia, co istotnie odróżnia go od innych systemów diagnostycznych [2, 3]. W celu uniezależnienia układu od warunków eksploatacyjnych, oprócz sensorów drgań zastosowano sensory mierzące prędkość obrotową organów urabiających. System składa się z dwóch zasadniczych części:

- modułu sprzętowego VITO (rys. 1), instalowanego na maszynie, który agreguje dane w postaci sygnałów, wstępnie je przetwarza, przesyła do modułu programowego i sygnalizuje przekroczenie stanów granicznych,
- modułu programowego – oprogramowania do analizy i wnioskowania ekspertowego, działającego na komputerze zewnętrznym, gdzie będzie odbywać się szczegółowa analiza mająca na celu określenie rodzaju oraz miejsca wystąpienia ewentualnej awarii, bądź niesprawności.

a)



b)

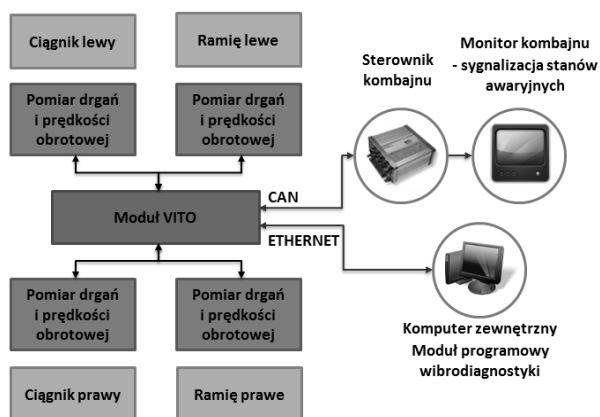


Rys. 1. Moduł VITO, widok złącza interfejsów pomiarowych (a), widok złączy (b) [24]

Moduł VITO został wyposażony w następujące interfejsy:

- 12 kanałów pomiarowych typu ICP (IEPE), umożliwiających dołączenie czujników mierzących drgania,
- 6 wejść cyfrowych umożliwiających m.in. dołączenie czujników impulsowych z wyjściem typu NAMUR,
- złącze zasilania 12V,
- złącze USB,
- złącze CAN,
- złącze RJ45 Ethernet,
- złącze światłowodowe Ethernet.

Sposób połączeń modułu VITO z sensorami, komputerem zewnętrznym oraz sterownikiem kombajnu przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Struktura połączeń modułu VITO [24]

Niezbędnym elementem funkcjonowania systemu wibrodiagnostyki jest moduł programowy, który ma na celu:

- parametryzację modułu sprzętowego,
- odbiór danych poprzez moduł sprzętowy, m.in. informacji o drganiach z zainstalowanych czujników przyspieszenia oraz pozostałych informacji charakteryzujących pracę danej maszyny,

- agregację i analizę otrzymanych danych,
- predykcję uszkodzeń wybranych elementów maszyny górniczej przy współpracy z systemem ekspertowym [3, 24],
- wizualizację stanów maszyny górniczej i generowanie komunikatów o zagrożeniach.

W chwili obecnej oprogramowanie wibrodiagnostyczne służy do diagnostyki kombajnu ścianowego KSW-800NE i stanowi część nadrzędnego oprogramowania, stanowiącego warstwę zarządzającą systemem obserwacji warunków pracy, diagnostyki i identyfikacji.

3. Rozproszony system sterowania KOGASTER

System sterowania KOGASTER jest ciągle rozwijany w ITG KOMAG. Do łączenia modułów, jako system rozproszony, wykorzystuje magistralę CAN i protokół CANopen [5]. Jako system otwarty pozwala na łączenie modułów lub przetworników różnych producentów. Moduły, z których składa się system, spełniają wymagania obwodów iskrobezpiecznych, zgodnych z dyrektywą ATEX [7] i normami zharmonizowanymi. Moduły systemu produkowane są przez firmę Gabrypol Sp. J. Wykorzystanie protokołu CANopen magistrali CAN, zgodnie z normą ISO 11898, pozwala na stosowanie programowych narzędzi diagnostycznych i gwarantuje, że będzie istniała możliwość rozbudowy układów oraz ich serwisowania przez wiele lat.

KOGASTER wyróżnia się na tle podobnych systemów możliwością stosowania go w mobilnych maszynach górniczych. Uzyskano to dzięki odpowiedniej budowie mechanicznej zapewniającej odporność na drgania, wibracje i trudne czynniki środowiskowe.

System zbudowany jest z modułów realizujących wydzielone funkcje. Wbudowana magistrala CAN pozwala na łączenie modułów w zróżnicowane struktury, obejmujące jedno lub wielosegmentowe

sieci, z wykorzystaniem redundancji magistrali, wraz z implementacją modułów transmisji bezprzewodowej. Wszystkie moduły systemu służą do budowy układów sterowania, które mogą pracować w strefach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego. Dotychczas opracowano następujące moduły:

- panel operatorski/sterownik PO-1 (rys. 3),
- kaseta sterująca KS-1 (rys. 4),
- moduł wejść wyjść MWW-1 (rys. 5 i 6),
- moduł komunikacji Bluetooth MKB-1 (rys. 7),
- moduł inteligentnego sterownika MIS-1 (rys. 8),
- inklinometr (rys. 9).

W opracowaniu są następujące moduły:

- moduł pomiaru prądu i napięcia AC/DC
- enkoder magnetyczny,
- uniwersalny pilot proporcjonalny.

Panel Operatorski PO-1 (rys. 3) jest podstawowym modułem systemu sterowania KOGASTER i pełni zarówno funkcję interfejsu człowiek – maszyna, jak i głównego sterownika rozproszonego układu sterowania.

Składa się on z kolorowego wyświetlacza LCD o rozdzielczości 800x480, wejść i wyjść dwustanowych, wejść analogowych oraz cyfrowych interfejsów, takich jak CAN, Ethernet czy USB. Interfejs Ethernet wykonany może być w dwóch wersjach: jako przewodowy lub światłowodowy. Przystosowany jest także do tworzenia redundantnych układów sterowania z wykorzystaniem magistrali CAN. Jest to realizowane poprzez dwa niezależne, izolowane galwanicznie interfejsy CAN. Redundancja obejmuje również układ zasilania. Panel może być zasilany z dwóch niezależnych zasilaczy iskrobezpiecznych.

W typowej konfiguracji, w układzie sterowania maszyny, panel połączony jest z kaseta sterującą KS-1 (rys. 4). Kaseta jest wyposażona w przyciski, lampki sygnalizacyjne oraz wyłącznik awaryjny. Kaseta dzięki możliwości dowolnego doboru przycisków i lampek, może zostać łatwo dostosowana do wymagań użytkownika.



Rys. 3. Panel operatorski PO-1
(TEST 13 ATEX 0073X) [9]



Rys. 4. Kaseta sterująca KS-1
(TEST 13 ATEX 0072X) [10]

Kolejnym modułem jest moduł wejść – wyjść MWW-1, analogowych i cyfrowych. Moduł wykonywany jest w dwóch wersjach. Pierwsza (rys. 5) jest przeznaczona do zabudowy w układach wykorzystujących złącza. Dzięki odpowiedniemu rozwiązaniu można szybko wymienić moduł lub odłączyć z nim współpracujący zespół. Druga (rys. 6) pozwala na podłączenie czujników i przetworników do listew zaciskowych. Możliwe jest również zabudowanie przycisków i przełączników lokalnego panelu sterującego. Przetworniki wielkości nieelektrycznych, takie jak: mostki tensometryczne, rezystory termometryczne, przetworniki wydłużenia, stosowane w układach sterowania, można podłączyć do odpowiednich wejść modułu. Moduł wyposażony jest również w wyjścia dwustanowe, w postaci styków niespolaryzowanych.

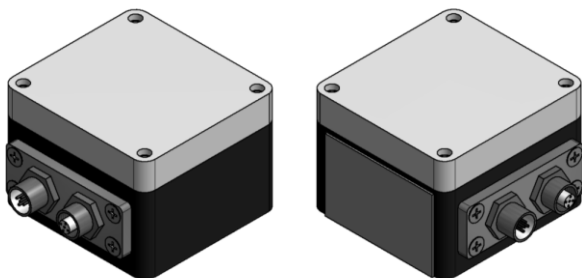


Rys. 5. Moduł wejść/wyjść analogowych i cyfrowych
MWW-1/1 wersja pierwsza [11]



Rys. 6. Moduł wejść - wyjść analogowych i cyfrowych
MWW-1/2 wersja druga [11]

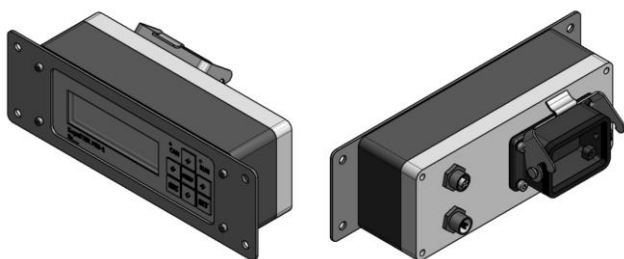
Modułem rozszerzającym możliwości komunikacyjne o transmisję bezprzewodową jest Moduł Komunikacji Bluetooth MKB-1 (rys. 7). Jest on wyposażony w bezprzewodowy interfejs Bluetooth oraz cyfrową magistralę CAN. Podstawową funkcją modułu jest łączenie urządzeń wyposażonych w interfejs Bluetooth (np. pulpit, inny układ sterowania) z układem sterowania wykorzystującym magistralę CAN.



Rys. 7. Model 3D Modułu Komunikacji Bluetooth MKB-1 [12]

Moduł Inteligentnego Sterownika MIS-1 (rys. 8) pełni funkcję sterownika i interfejsu człowiek-maszyna. Programowo jest on kompatybilny z Panelem Operatorskim PO-1 i jest wyposażony w dwa niezależne iskrobezpieczne interfejsy CAN, 4 wejścia dwustanowe przeznaczone do podłączenia styków niespolaryzowanych lub indukcyjnych czujników typu NAMUR oraz 4 wyjścia dwustanowe jako styki niespolaryzowane w wersji półprzewodnikowej. Ponadto posiada jeden styk przekaźnika przeznaczony do sterowania górnym wyłącznikiem silnikowym.

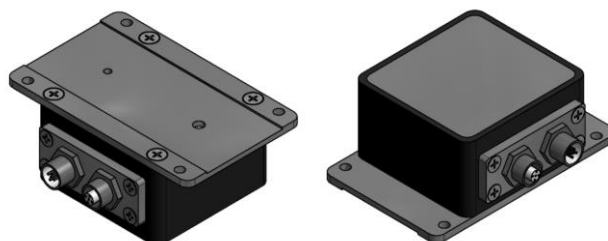
Moduł wyposażony jest w monochromatyczny wyświetlacz OLED o rozdzielczości 256x64, oraz przyciski do nawigacji w menu wyświetlacza. Posiadając dwa niezależne interfejsy CAN, umożliwia tworzenie redundantnych układów. Redundancja obejmuje również zasilanie. Dodatkowo, wyposażony jest w moduł komunikacji bezprzewodowej BLUETOOTH, który pozwala na realizację funkcji identycznych jak w przypadku modułu MKB-1.



Rys. 8. Model 3D Modułu Inteligentnego Sterownika MIS-1 [13]

Inklinometr INK-2D (rys. 9) umożliwia pomiar położenia przetwornika w odniesieniu do kierunku siły ciężkości, który wykonywany jest w dwóch, wzajemnie prostopadłych osiach. Pozwala również na pomiar

przyspieszeń w trzech osiach, szybkości kątowej z wykorzystaniem żyroskopu oraz pomiaru natężenia pola magnetycznego z wykorzystaniem magnetometru. Inklinometr wykonany jest z materiałów niemagnetycznych, dzięki czemu nie zniekształca linii pola magnetycznego. W przypadku korzystania z magnetometru niezbędne jest, aby konstrukcja wsporcza również nie zakłócała pola magnetycznego ziemi.



Rys. 9. Model 3D Inklinometru INK-2D [14]

4. System sterowania węzłem osadzarkowym

Istotnym czynnikiem, wpływającym na prawidłowy przebieg procesu wzbogacania węgla kamiennego w osadzarkach pulsacyjnych (rys. 10), jest wydajne i precyzyjne sterowanie podawaniem materiału surowego oraz odprowadzaniem produktu wzbogacania. Zaistniała zatem konieczność kompleksowej automatyzacji węzła osadzarkowego, która miała zapewnić prawidłową współpracę osadzarki z układem podawania nadawy i przenośnikami kuletkowymi odbierającymi produkty z osadzarki.

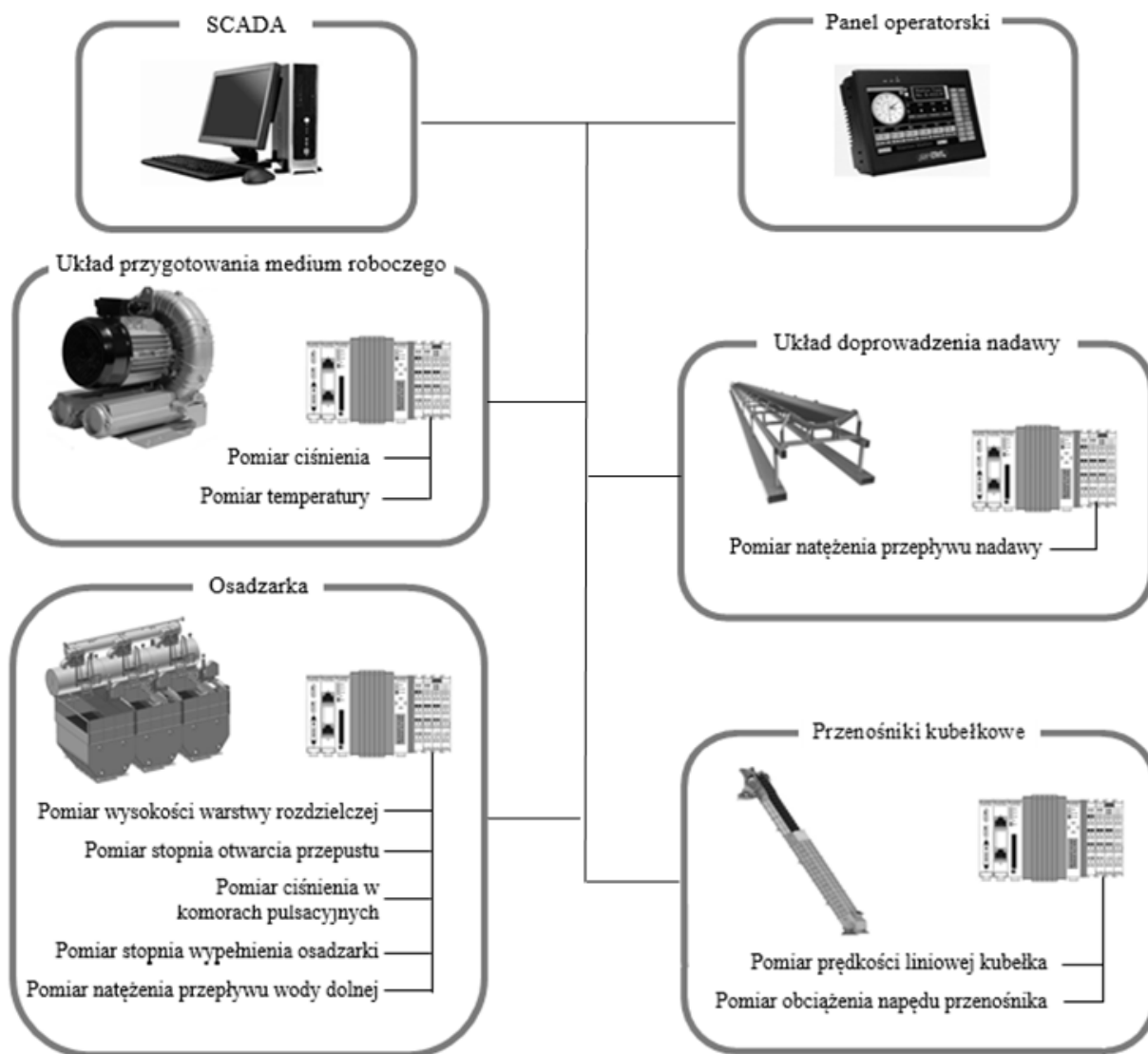


Rys.10. Osadzarka OM30 zabudowana w KWK Szczygłowice [25]

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG od szeregu lat prowadzono prace badawcze nad systemem sterowania węzłem osadzarkowym. Prototyp systemu zainstalowano w 2010 r., w Zakładzie Przeróbczym KWK Budryk i od tego czasu, z powodzeniem steruje on pracą węzła osadzarkowego, którego głównym elementem jest osadzarka średnioziarnowa.

System sterowania węzłem osadzarkowym oferowany przez firmę KOMAG jest każdorazowo i indywidualnie dostosowywany do wymogów klienta oraz warunków lokalnych [17]. Może współpracować z układem nadawy i odbioru oraz układem sterowania powietrzem. Strukturę systemu sterowania proponowanego przez KOMAG przedstawiono na rysunku 11.

- panel operatorski, zapewniający wizualizację podstawowych parametrów procesu wzbogacania oraz umożliwiający wprowadzanie bieżących nastaw,
- stacja operatorska wizualizująca proces i parametry maszyn z możliwością zdalnego sterowania.



Rys. 11. Struktura systemu sterowania węzłem osadzarkowym wzbogacania z wyróżnionym układem kontrolno-pomiarowym [17]

Podstawowymi elementami systemu sterowania są [18]:

- jednostka centralna układu sterowania wykonana na bazie sterownika PLC, współpracująca z elementami wykonawczymi, zbierająca dane z zainstalowanych czujników, realizująca pętle regulacyjne i kontrolne oraz komunikująca się z urządzeniami interfejsu operatorskiego,

Do podstawowych funkcji realizowanych przez system sterowania KOMAG można zaliczyć:

- automatyczne sterowanie osadzarką w miejscu zabudowy urządzenia wraz z możliwością sterowania poprzez system dyspozytorski,
- sterowanie pulsacją wody z możliwością zmiany jej parametrów w odniesieniu do długości i charakterystyki cykli,

- automatyczną regulację odbioru produktów ciężkich,
- stabilizację rozluźniania warstwy wzbogacanego materiału,
- pomiar i rejestrację wielkości związanych z pracą maszyny,
- automatyczną regulację ciśnienia powietrza roboczego,
- automatyczną regulację dopływu wody dolnej,
- automatyczne i ręczne (z panelu operatorskiego) sterowanie prędkością przenośników kubelkowych,
- sterowanie natężeniem podawanej nadawy z automatyczną kontrolą obciążenia osadzarki,
- automatyczne opróżnianie osadzarki.

Połączenie systemów sterowania maszyn wchodzących w skład węzła osadzarkowego stwarza nowe możliwości rozwoju algorytmów sterujących procesem wzbogacania węgla w osadzarkach pulsacyjnych. Zaawansowane funkcje sterujące i pomiarowe, niezawodność cyfrowej transmisji danych, łatwość obsługi, pełny monitoring systemu, skalowalność i możliwość elastycznego kształtowania funkcji sterujących, uproszczona integracja z systemami nadrzędnymi, to tylko przykłady cech charakteryzujących to inteligentne rozwiązanie. Połączenie sterowników urządzeń węzła w jeden, nadrzędny system sterowania zapewnia bezawaryjną pracę oraz zwiększoną wydajność urządzeń, przy zmniejszonym zużyciu energii elektrycznej. Pozwala także na zwiększenie żywotności układów wykonawczych w warunkach zmiennego obciążenia. Monitoring i diagnostyka w znacznym stopniu redukuje liczbę awarii, a optymalne zarządzanie procesem produkcji znacznie obniża koszty procesu wzbogacania węgla.

5. System identyfikacji radiowej

Prace nad zastosowaniem technologii RFID w zakładach górniczych rozpoczęto w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG w roku 2004. Pierwszym opracowanym rozwiązaniem był „System elektronicznej identyfikacji elementów sekcji ścianowej obudowy zmechanizowanej”, zrealizowany w wyniku projektu celowego przez konsorcjum składające się z ITG KOMAG, Politechniki Śląskiej i firmy Elsta Sp. z o. o. System wdrożono w blisko trzydziestu kopalniach węgla kamiennego w Polsce i w firmach produkujących sekcje obudowy zmechanizowanej. Zalety systemu wykorzystującego technologię RFID wzbudziły zainteresowanie innych producentów i użytkowników maszyn i urządzeń. Uwzględniając ich potrzeby podjęto prace mające na celu jego rozwój, rozszerzenie funkcjonalności i dopasowanie do potrzeb klienta.

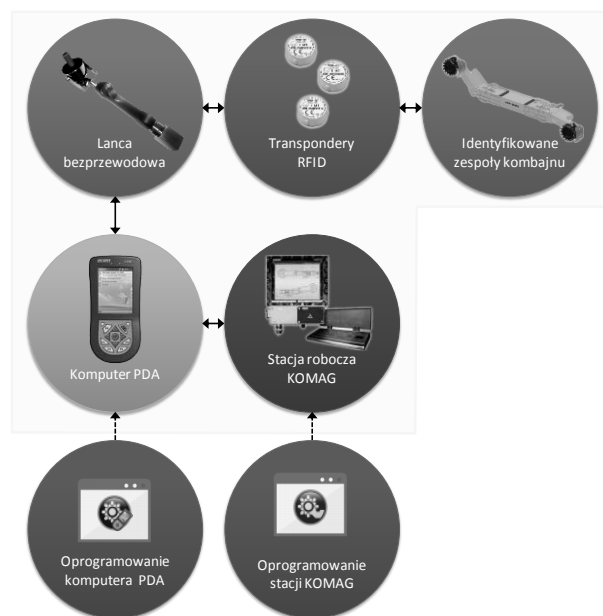
Jednym z rozwiązań, opracowanych w wyniku realizacji prac badawczo-rozwojowych, jest system identyfikacji elementów kombajnu ścianowego, którego ideą jest szybkie identyfikowanie podstawowych podzespołów kombajnu ścianowego w warunkach dołowych oraz powierzchniowych. W skład elektronicznego systemu identyfikacji wchodzi, zarówno składniki sprzętowe [28]:

- elementy identyfikacyjne – transpondery pasywne TRID-01 (Elsta Sp. z o. o.),
- komputer przenośny PDA i.roc 623-Ex (ecom instruments GmbH),
- lanca odczytująca TRH-02 z modułem komunikacji bezprzewodowej MKB-01 (Elsta Elektronika Sp. z o. o. S.K.A.),

jak i programowe, służące do gromadzenia i przetwarzania danych:

- oprogramowanie użytkowe i komunikacyjne, wspomagające wymianę danych pomiędzy komputerem PDA a główną bazą danych systemu identyfikacji, dedykowane dla urządzenia PDA,
- oprogramowanie użytkowe dla komputera stacjonarnego, służące do rejestracji i przetwarzania danych identyfikacyjnych oraz ewidencji elementów kombajnu ścianowego.

Elementy prototypu systemu elektronicznej identyfikacji elementów kombajnu przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Elementy wchodzące w skład prototypu systemu elektronicznej identyfikacji [28, 29, 30, 31]

Istotnym elementem systemu identyfikacji elementów kombajnu ścianowego jest oprogramowanie bazodanowe instalowane w komputerze głównym. Pełni ono w systemie funkcję oprogramowania

zarządzającego, służącego do rejestracji i przetwarzania danych oraz ewidencji elementów kombajnów. Ścisłe współpracując z urządzeniem typu PDA umożliwia w znacznym stopniu automatyzację zadań logistycznych (dodawania nowych elementów, grupowania elementów w całość oraz zmiany lokalizacji).

W opracowanym prototypie systemu transpondery RFID rozmieszczono na następujących zespołach kombajnu: ramionach, zespole napędowo-hydraulicznym, module zasilającym, przekładniach bocznych i organach. W celu weryfikacji poprawności odczytu prowadzonego z wykorzystaniem bezprzewodowej lancy oraz potwierdzenia poprawności komunikacji lancy z oprogramowaniem użytkowym, przeprowadzono szereg testów zarówno w hali montażowej, jak i w warunkach eksploatacyjnych. W trakcie badań sprawdzono działanie składników sprzętowych podsystemu oraz ich współpracę ze składnikami programowymi zainstalowanymi na stacji roboczej KOMAG. Warunki panujące w eksploataowanej ścianie (m.in. zapylenie, otoczenie metaliczne) nie stanowiły przeszkody w odczycie transponderów RFID. Weryfikacji poprawności odczytu transponderów RFID dokonano z wykorzystaniem autorskiego oprogramowania użytkowego przeznaczonego do urządzeń typu PDA, współpracujących z bezprzewodową laną. Procedury weryfikacji i archiwizacji danych dokonano z wykorzystaniem opracowanego oprogramowania bazodanowego zainstalowanego w komputerze centralnym. Wyniki badań potwierdziły poprawność działania systemu, a przyjęte rozwiązania sprzętowe, wraz z oprogramowaniem, umożliwiają identyfikację i prowadzenie ewidencji podzespołów kombajnu ścianowego w warunkach eksploatacyjnych [1].

6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono przykłady inteligentnych rozwiązań mechatronicznych przeznaczonych do maszyn i urządzeń oraz systemów zmechanizowanych stosowanych w przemyśle wydobywczym, które opracowano w ITG KOMAG. Wieloletnie doświadczenie Instytutu w zakresie projektowania maszyn górniczych oraz dogłębna znajomość problemów z jakimi na co dzień mają do czynienia załogi górnicze, pozwoliły na uwzględnienie wymagań środowiska pracy. W trakcie opracowywania modułów wchodzących w skład systemu KOGASTER oraz Systemu Sterowania Węzła Osadzarkowego, uwzględniono potrzebę ujednolicenia standardów komunikacji oraz wymiany danych. Zastosowano rozwiązania komunikacyjne bazujące na magistrali CAN z protokołem CANopen oraz magistrali komunikacyjnej ETHERNET, w wersji przewodowej oraz światłowodowej. W Systemie Sterowania Węzła Osadzarkowego zastosowano innowacyjną metodę analizy danych pomiarowych, umożliwiającą traktowanie maszyny jako

miernika oceny procesu wzbogacania, stosowanego w algorytmie sterowania, sprzężonych z osadzką układów transportowych nadawy oraz odstawy materiału. Zastosowanie takiego rozwiązania pozwoliło na poprawę jakości wzbogacanego materiału oraz zmniejszenie energochłonności procesu, poprzez odpowiednie sterowanie prędkością przenośników taśmowych oraz kubelkowych. System KOGASTER pozwala na budowę układów sterowania dowolnych maszyn i urządzeń pracujących w strefach zagrożonych wybuchem metanu lub pyłu węglowego. Dzięki małym gabarytom oraz szerokiemu asortymentowi modułów, możliwa jest implementacja w zakresie małych aplikacji, np. sterowania filtrem lub pompą, aplikacji przeznaczonych do maszyn mobilnych np. lokomotywy spalinowe lub akumulatorowe, lub aplikacji rozległych np. przenośniki, czy monitorowanie rurociągów. System wibrodiagnostyki VITO, opracowany wspólnie z KOPEX Machinery S.A., pozwala na diagnostykę stanu przekładni i łożysk kombajnu ścianowego wraz z predykcją uszkodzeń. Częścią systemu wibrodiagnostyki jest aplikacja ekspercka nie wymagająca żmudnej analizy trendów oraz generowania reguł diagnostycznych. Zaprezentowane w artykule rozwiązania wpisują się w strategię rozwoju innowacyjnych, inteligentnych maszyn i urządzeń wykorzystywanych do pracy w górnictwie.

Literatura

1. Badania eksploatacyjne maszyny wydobywczej. Badania eksploatacyjne podsystemu wibrodiagnostyki oraz elektronicznej identyfikacji elementów kombajnu ścianowego. W11.286 - 03.08.03 CY6 Wydanie 2, ITG KOMAG, Gliwice 2014 (materiały nie publikowane).
2. Bartoszek S., et al.: System wibrodiagnostyczny maszyn górniczych. Monografia KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 347-363.
3. Barszcz T.: Systemy monitorowania i diagnostyki maszyn. Kraków: Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, 2006.
4. Brune J.: Extracting the Science a Century of Mining Research. Society of Mining Metallurgy and Exploration, Inc. (SME), Phoenix, 2010.
5. CAN in Automation (CiA) 301 "CANopen application layer and communication profile".
6. Cuber J., Trenczek S.: Wybrane zagadnienia rozwoju infrastruktury systemowej w świetle zagrożeń górniczych. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Kwartalnik, Tom 24 - Zeszyt 1/2 - IGSM i E PAN, Kraków, 2008.
7. DYREKTYWA 94/9/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 marca 1994.

8. Ganguli R.: Identifying Research Priorities of SME: Results From a Survey of the Membership Preprint 10-026. SME Annual Meeting Feb. 28-Mar.03,2010, Phoenix, Arizona.
9. Instrukcja Obsługi - Panel Operatorski PO-1. Praca statutowa. ITG KOMAG 2013 rok (praca nie publikowana).
10. Instrukcja Obsługi Kasety Sterująca KS-1. Praca statutowa. ITG KOMAG 2013 rok (praca nie publikowana).
11. Instrukcja Obsługi Moduł Wejść Wyjść. Praca statutowa. ITG KOMAG 2013rok (praca nie publikowana).
12. Iskrobezpieczny system sterowania maszyn górniczych bazujących na magistrali CAN i protokole CANopen. Sprawozdania z realizacji prac statutowych ITG KOMAG 2010-2015, (prace nie publikowane).
13. Instrukcja Obsługi Moduł Inteligentnego Sterownika MIS-1. Praca statutowa. ITG KOMAG 2015rok (praca nie publikowana).
14. Instrukcja Obsługi Inklinometru INK-2D. Praca statutowa. ITG KOMAG 2015 rok (praca nie publikowana).
15. Jasiulek D., Świder J., Stankiewicz K.: Możliwości zastosowania sztucznych sieci neuronowych w układach sterowania maszyn górniczych. Innowacyjne Techniki i Technologie dla Górnictwa. KOMTECH 2010. ITG KOMAG, Gliwice 2010.
16. Jaszczuk. M.: Wariant optymistyczny scenariusza rozwoju ścianowych systemów mechanizacyjnych w polskim górnictwie węgla kamiennego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Kwartalnik, Tom 24 – Zeszyt ½. IGSMiE PAN, Kraków, 2008.
17. Jendrysik S., et al.: Układ sterowania węzłem osadzarkowym. PRZERÓBKA 2013, Konferencja naukowo-szkoleniowa, Nowoczesne rozwiązania z zakresu procesów technologicznych przeróbki węgla, Zakopane, 21-22 maja 2013 s. 87-94, ISBN 978-83-63674-04-5.
18. Jendrysik S., et al.: Automatyczny system sterowania węzłem osadzarkowym z ciągłą kontrolą wydłużenia łańcucha przenośnika kubelkowego. KOMEKO 2015, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2015 s. 62-68; 0,48 ark. wyd., ISBN 978-83-60708-85-9.
19. Kotwica K.: Scenariusze rozwoju technologicznego drażenia wyrobisk korytarzowych w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Kwartalnik Tom 24 – Zeszyt ½. IGSMiE PAN, Kraków, 2008.
20. Kozieł A.: Innowacyjne priorytetowe technologie w przemyśle węgla kamiennego – Praca zbiorowa pod redakcją Mariana Turka pt.: „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego” GIG, Katowice, 2008.
21. Kozieł A.: Scenariusze rozwoju innowacyjnych technologii – Praca zbiorowa pod redakcją Mariana Turka pt.: „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego” GIG, Katowice, 2008.
22. Kozieł A.: Inteligentne systemy maszyn górniczych, Kwartalnik Naukowo-Techniczny – Maszyny Górnicze 2/2011, Gliwice, 2011
23. Kozieł A., et al.: Inteligentne systemy mechatroniczne w maszynach górniczych. Miesięcznik Naukowo-Techniczny Napędy i Sterowanie Nr 2 (154) Luty 2012. ISSN 1507-7764. s. 112-116.
24. Latos M., Bartoszek S., Rogala-Rojek J.: Diagnostics of underground mining machinery. Proceedings of the 19th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), Międzyzdroje, 2014, s. 782-787.
25. Matusiak P., Kowol D., Jędo A.: Rozwój konstrukcji i technologii w osadzarkach pulsacyjnych typu KOMAG do wzbogacania węgla kamiennego i innych surowców mineralnych. KOMEKO 2011, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 73-86.
26. Pieczora E.: Prognoza rozwoju szynowych systemów transportowych stosowanych w podziemiach kopalń węgla kamiennego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Kwartalnik Tom 24 – Zeszyt ½. IGSMiE PAN, Kraków, 2008.
27. Winkler T., et al.: Badania eksploatacyjne wybranych podsystemów kombajnu KSW-800NE. Monografia KOMTECH 2014, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2014 s. 373-392.
28. Wytworzenie prototypu systemu wibrodiagnostyki oraz elektronicznej identyfikacji elementów kombajnu ścianowego. Opracowanie elektronicznego systemu identyfikacji. W11.286-03.08.04 CY1 Wydanie 1, ITG KOMAG, Gliwice 2012 (materiały nie publikowane).
29. Witryna internetowa: <https://www.ecom-ex.com> (10.06.2015).
30. Witryna internetowa: <https://www.elektronika.elsta.pl> (10.06.2015).
31. Witryna internetowa: <http://www.elsta.pl> (10.06.2015).

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

dr inż. Dariusz MICHALAK
dr inż. Łukasz JASZCZYK
dr inż. Magdalena ROZMUS
mgr inż. Wojciech WOŁCZYK
mgr inż. Radosław LESISZ
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Metody kształtowania bezpieczeństwa pracy z użyciem technologii informatycznych

Streszczenie

W artykule zawarto przykłady rozwiązań opracowanych w Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii ITG KOMAG z zakresu kształtowania bezpieczeństwa pracy, z użyciem technologii informatycznych. Można je implementować zarówno na etapie projektowania maszyny, jak i podczas jej eksploatacji. W artykule przedstawiono także innowacyjne metody i środki informatyczne wspomagające bezpieczną realizację czynności utrzymania ruchu oraz realizację szkoleń.

Summary

Examples of solutions developed in the Laboratory of Modelling Methods and Ergonomics at the KOMAG Institute of Mining Technology for shaping the work safety with use of information technologies are given. They can be implemented both at the stage of designing the machine as well as during its operation. Innovative methods and information tools aiding the safe maintenance as well as trainings are presented.

Słowa kluczowe: analizy ergonomiczne, metody komputerowe, bezpieczeństwo, szkolenia

Keywords: ergonomic analyses, computer methods, safety, trainings

1. Wprowadzenie

Podejmowanie działań w zakresie identyfikacji i kształtowania warunków pracy w górnictwie jest istotne z uwagi na wysoki stopień złożoności procesów technologicznych. Mnogość współdziałających ze sobą środków technicznych, ludzie pracujący w ich bezpośrednim otoczeniu, w trudnych warunkach środowiskowych wymagają uwzględnienia szeregu czynników, które w sposób bezpośredni wpływają na bezpieczeństwo pracy. Opracowywanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych wymaga przeprowadzenia szeregu analiz różniących się jednak w zależności od warunków pracy i stanu środka technicznego. Kształtowanie bezpiecznych warunków pracy wymaga z kolei stosowania narzędzi inżynierskich, jak i repozytoriów wiedzy, pozwalających na szybką implementację opracowanych metod. Z uwagi na występujące problemy w procesie eksploatacji oraz występujące zdarzenia wypadkowe, wymagane jest prowadzenie dodatkowych prac, wykraczających poza standardowe wymagania norm.

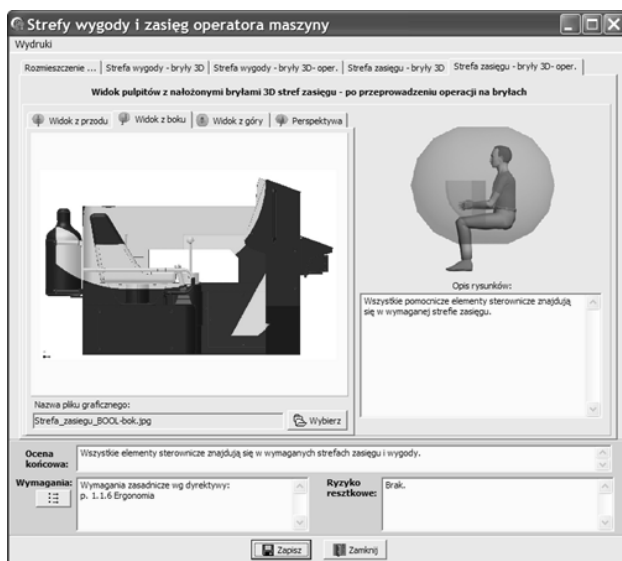
W Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii, Instytutu Techniki Górniczej KOMAG prowadzone są od szeregu lat prace związane z kształtowaniem bezpieczeństwa pracy. Tematyka prac badawczych realizowanych w tym okresie w bezpośredni sposób odpowiada na potrzeby klientów, głównie z branży górniczej. Zakres działalności laboratorium obejmuje

zarówno realizację prac komercyjnych, jak i działania badawcze mające na celu kreowanie nowych rozwiązań. W wyniku realizacji projektów badawczych krajowych i zagranicznych opracowano szereg innowacyjnych rozwiązań wspierających kształtowanie bezpiecznych metod i warunków pracy w całym cyklu życia maszyn.

2. Analizy ergonomiczne – proces projektowania

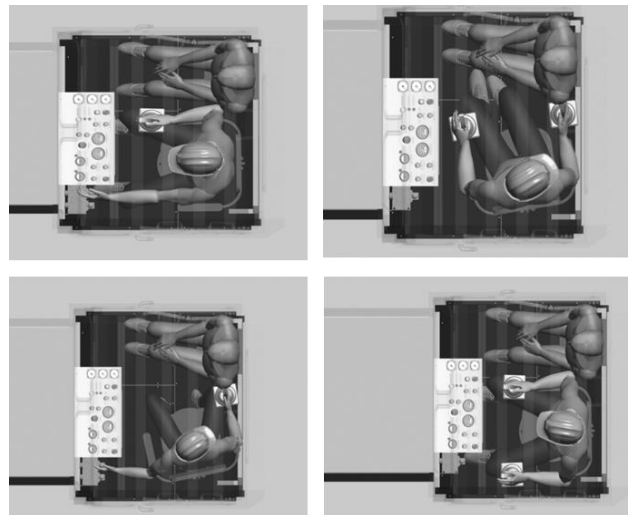
Projektowanie innowacyjnych rozwiązań o wyróżniających się parametrach technicznych nie może odbywać się kosztem przyszłego użytkownika. Stąd też jednym z etapów projektowania nowych i modernizacji istniejących rozwiązań konstrukcyjnych są analizy ergonomiczne. Projektanci, dzięki rozwojowi narzędzi informatycznych, mają szerokie możliwości oceny opracowanych rozwiązań konstrukcyjnych w świetle ww. kryteriów [1]. Zakres podejmowanych analiz ergonomicznych uzależniony jest od typu konstrukcji i stopnia jej złożoności. Dostępność narzędzi CAD oraz ich stale rosnące możliwości pozwalają na jednoczesne projektowanie współdziałających ze sobą układów środków technicznych, o wysokim poziomie złożoności. W analizach ergonomicznych konieczne jest uwzględnienie stopnia złożoności analizowanej konstrukcji. Jednym z przykładów narzędzia wspomagającego realizację analiz ergonomicznych w podsta-

wowym zakresie jest system PRO-M [2], zawierający moduł programowy pozwalający na prostą ocenę i dokumentowanie wyników przeprowadzonej analizy [3]. Na rysunku 1 przedstawiono ekran programu zawierający wynik przeprowadzonej analizy ergonomicznej w zakresie badania stref zasięgu i wygody. Podstawowe informacje na temat dostosowania przestrzeni pracy do wymagań ergonomicznych można uzyskać wykorzystując do analizy proste modele 3D stref wygody i zasięgu. Wirtualną reprezentację stref wygody umieszcza się w środowisku programu CAD, lokalizuje względem siedziska operatora i następnie, wykorzystując operacje na bryłach, uzyskuje obraz stref-elementów maszyny, jakie znajdują się w zasięgu pracy operatora.



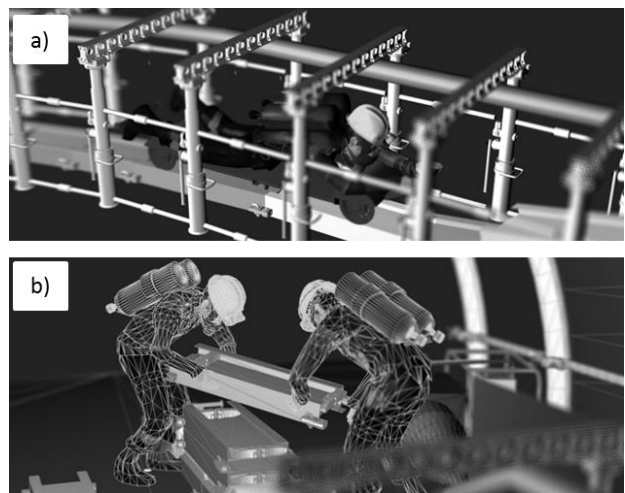
Rys. 1. Ocena stanowiska pracy operatora maszyny na podstawie analizy stref wygody i zasięgu [3]

W przypadku złożonych analiz ergonomicznych podstawowym czynnikiem warunkującym możliwość przeprowadzenia badania jest parametryczny, przestrzenny model człowieka. Umieszczanie w środowisku pracy prostych modeli, odwzorowujących optymalne strefy pracy, nie daje jednak pełnego obrazu sytuacji. Parametryczny model człowieka umieszczony w miejscu pracy pozwala nie tylko na optymalizację rozmieszczenia elementów sterujących w kabinie operatora, ale także daje możliwość oceny pola widzenia, obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego czy oszacowania wydatku energetycznego [4]. Prowadzenie złożonych analiz może być realizowane na podstawie scenariuszy opisujących sposób obsługi maszyny. Na rysunku 2 pokazano przykłady wariantów analizy ergonomicznej kabiny operatora, jakie wykorzystano do wyboru optymalnego rozmieszczenia elementów sterowniczych w kabinie powierzchniowej lokomotywy wąskotorowej [5].



Rys. 2. Przykłady analizy wariantów rozmieszczenia elementów sterowniczych [5]

Kształtowanie scenariuszy jest ściśle związane z zakresem użytkowania maszyny. Wynikiem realizacji złożonych analiz ergonomicznych mogą być wytyczne dotyczące nie tylko kabiny operatora, ale także innych elementów wyposażenia, warunkujących komfortową i bezpieczną dla zdrowia operatora obsługę maszyny. W przypadku złożonych systemów mechanicznych stosuje się systemowe analizy ergonomiczne [1]. Pierwszym etapem takiej analizy jest budowa środowiska pracy, uwzględniającego nie tylko człowieka, ale także inne maszyny i urządzenia, które tworzą przestrzeń pracy. Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe wizualizacje systemu wspomagającego prace ratowników górniczych [6].



Rys. 3. Widok wirtualnego miejsca pracy poddawanego ergonomicznej analizie systemowej: a) analiza operacji transportu, b) współdziałanie podczas wykonywania czynności montażowych [6]

Wirtualne środowisko pracy daje także możliwość optymalizacji postaci konstrukcyjnej poszczególnych elementów składowych systemu tak, aby było możliwe ich wzajemne współdziałanie.

3. Kształtowanie bezpieczeństwa pracy – proces eksploatacji

Współczesne rozwiązania techniczne, wyposażane są w systemy informatyczne, które zapewniają nie tylko optymalne sterowanie, ale także przekazują szereg informacji o aktualnym stanie maszyny. Informacje te przekazywane są w różnym zakresie - od standardowych parametrów pracy, takich jak: prędkość obrotowa, temperatura, aż po informacje wstępnie przetworzone np. o stopniu zużycia podzespołów [7]. Jednym z podstawowych źródeł pozyskiwania wiedzy o bezpiecznym i optymalnym sposobie użytkowania środków technicznych jest instrukcja obsługi oraz tworzone na jej podstawie technologie robót i instrukcje stanowiskowe. Główne kryteria, jakie powinny spełniać materiały rozpowszechniające zasoby wiedzy wspomagającej utrzymanie ruchu maszyn górniczych, powinny się charakteryzować: przekształceniem wiedzy ukrytej w wiedzę jawną, oraz prezentowaniem wiedzy w sposób czytelny i łatwo przyswajalny, jak również szybkim wyszukiwaniem zasobów adekwatnie do potrzeb pracowników, stosowanie jej zasobów w dowolnym miejscu i czasie, niezależnie od warunków. Rozwiązaniem spełniającym powyższe wymagania jest System Interaktywnych Instrukcji Obsługi INSTO, opracowany również w ITG KOMAG [8]. System powstał w wyniku prac badawczych realizowanych w ramach projektu europejskiego IAMTECH [9]. Jego główne cechy obejmują:

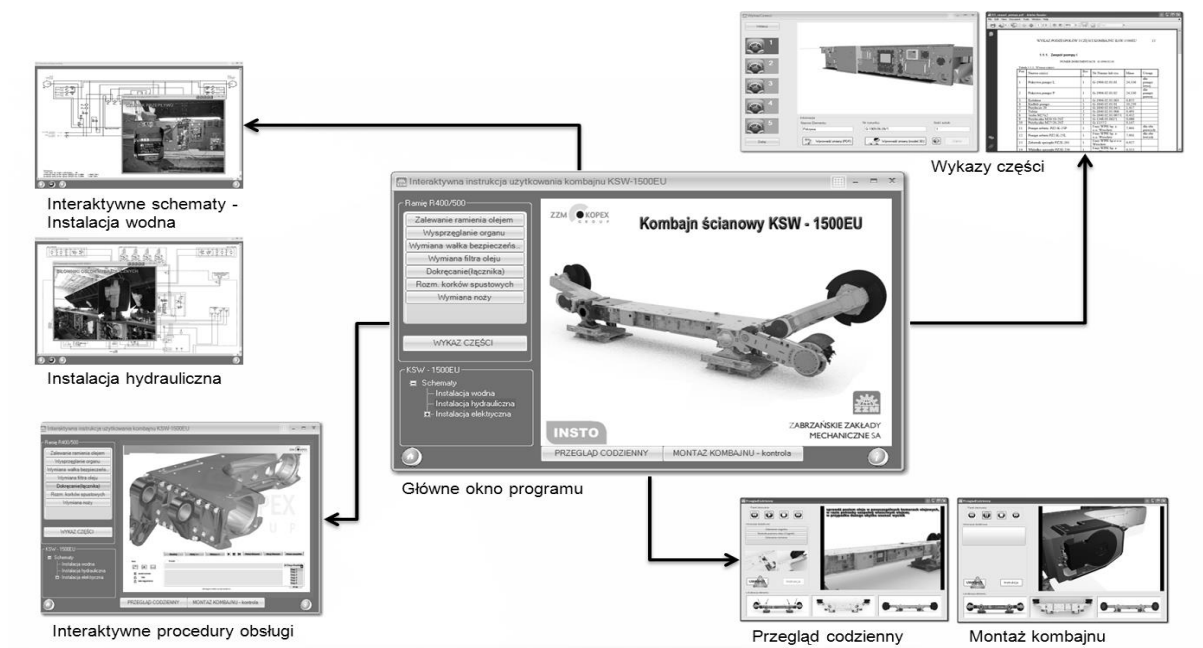
- zawartość taką jak standardowej (papierowej) instrukcji obsługi - zakres tematyczny zasobów wiedzy w systemie interaktywnych instrukcji jest identyczny, jak w tradycyjnej (papierowej) instrukcji obsługi. Poszczególne zakresy tematyczne prezentowane są nie tylko w standardowej formie tekstowej, ale także - w wybranym zakresie dotyczącym użytkowania maszyny oraz utrzymania ruchu tej maszyny (konserwacji, przeglądów i napraw) - z wykorzystaniem innych form prezentacji wiedzy, takich jak trójwymiarowe modele maszyn czy animacje,
- interaktywne symulacje czynności utrzymania ruchu - głównymi elementami symulacji interaktywnych są trójwymiarowe modele maszyn i urządzeń rozszerzone o tzw. elementy interakcyjne, pozwalające na dowolną zmianę punktu obserwacji oraz na odtwarzanie kolejnych kroków procesu montażowego. Taki sposób prezentacji ułatwia odbiór, a prezentowane czynności stają się zrozumiałe nawet dla niedoświadczonych pracowników,
- możliwość tworzenia wersji językowych - oferowanie produktów na rynkach zagranicznych wymusza konieczność przygotowania odpowiednich wersji językowych instrukcji obsługi. Struktura systemu pozwala na wykorzystywanie tych samych

zasobów, np. zdjęć z rejestracji obiektów rzeczywistych, w kilku wersjach językowych, przez co aktualizacja zasobów dokonuje się tylko raz w odniesieniu do wszystkich wersji systemu,

- możliwość tworzenia relacji pomiędzy zasobami systemu - zdefiniowanie wzajemnych relacji między zasobami aplikacji ułatwiający dotarcie do poszczególnych zasobów na wiele sposobów, zarówno z poziomu menu, jak i z innych zasobów systemu,
- zasoby systemu wzbogacone o modele trójwymiarowe, rejestracje wideo, animacje komputerowe instrukcje obsługi, dostarczane w formie drukowanej, zawierające płaskie rysunki, schematy i fotografie z rejestracji rzeczywistych obiektów oraz wykonywania czynności montażu i demontażu. Środowisko komputerowe użytkownika aplikacji pozwala na zamieszczanie w ramach zasobów systemu materiałów filmowych przedstawiających wykonywanie poszczególnych czynności (np. obsługi, naprawy), na obiektach rzeczywistych oraz modeli trójwymiarowych lub animacji komputerowych obrazujących np. działanie podsystemów maszyny,
- dostępność zasobów systemu, która odbywa się z wykorzystaniem urządzeń mobilnych klasy PDA oraz tablet PC. Rozwiązania mobilne pozwalają na przeglądanie zasobów w dowolnym miejscu i czasie, a w przypadku zastosowania rozwiązań sprzętowych dopuszczonych do pracy w atmosferze wybuchowej, także bezpośrednio w miejscu pracy,
- dostęp do zasobów, który jest profilowany. Uprawnienia w zakresie dostępu do zasobów aplikacji są nadawane poprzez przypisanie identyfikatora oraz hasła poszczególnym użytkownikom lub grupom użytkowników aplikacji.

Przykład interfejsu użytkownika interaktywnej instrukcji obsługi przedstawiono na rysunku 4.

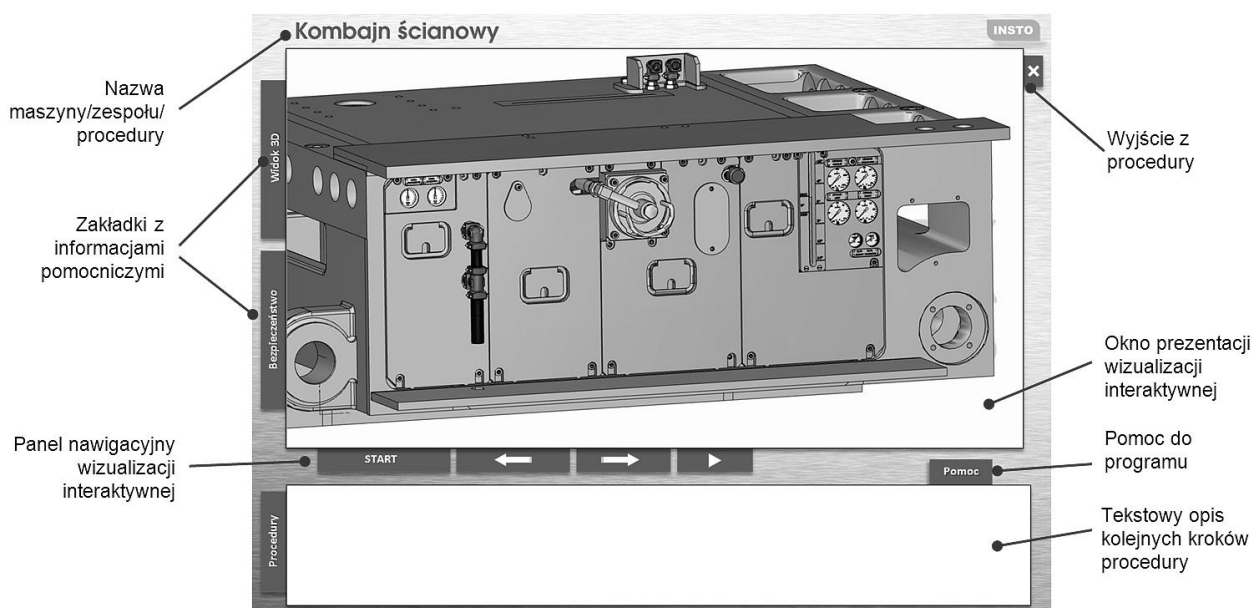
Interaktywne procedury obsługi stanowią podstawowy element systemu wspomagania utrzymania ruchu maszyn. Całość informacji zebranych w procesie pozyskiwania wiedzy na etapie tworzenia kolejnych kroków procedury obsługi-naprawy zawarta jest w jednym pliku. Przyjęty format zapisu jest uniwersalnym formatem wymiany danych, co daje gwarancję prawidłowego działania na większości komputerów stacjonarnych i przenośnych. Istota interaktywnych procedur polega na dostarczeniu użytkownikowi możliwości interakcji z dostarczonym materiałem informacyjnym. Użytkownik ma możliwość samodzielnego przechodzenia do kolejnych kroków procedury, nawigowania pomiędzy nimi, powracania do części trudniejszych, szybkiego przechodzenia przez znane fragmenty procedury i przechodzenia do kolejnych kroków procedury we własnym tempie.



Rys. 4. Interaktywna Instrukcja Obsługi INSTO – interfejs użytkownika [8]

Stosowane aktualnie procedury obsługi w wersji papierowej zawierają listy kroków zapisane w postaci krótkich opisów słownych. Taki opis wiedzy jest odpowiedni dla doświadczonych pracowników utrzymania ruchu i może być traktowany jedynie jako lista kontrolna zapewniająca utrzymanie właściwej kolejności wykonywania czynności. W procedurach interaktywnych zastosowano widok interaktywny, który umożliwia dowolną zmianę punktu obserwacji obiektu. Pozwala to zorientować się, gdzie znajduje się obsługiwany

element oraz jak wygląda jego model przestrzenny. Na rysunku 5 przedstawiono opis podstawowych elementów składających się na okno procedury serwisowej. Procedury obsługi podzielono na kroki. Każdy z kroków posiada przypisaną informację tekstową oraz krótką animację obrazującą sposób wykonywania czynności. Animacja może obrazować sposób demontażu elementu, zastosowania narzędzi pomocniczych oraz wizualizować sposób wykonywania czynności dodatkowych np. pomiarów, czy regulacji.

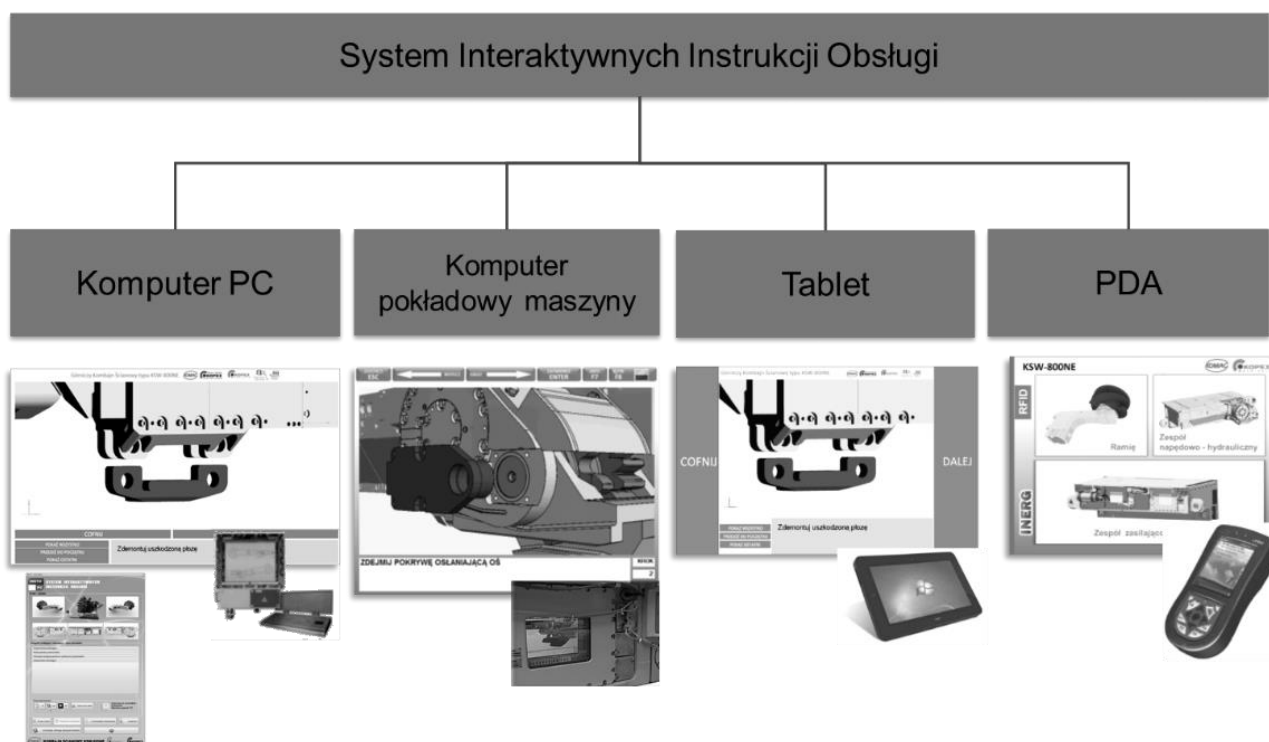


Rys. 5. Interaktywna procedura obsługi – opis podstawowych elementów [8]

Z punktu widzenia użytkownika najistotniejszy aspekt to dostępność, czyli możliwość uzyskania łatwego dostępu do wiedzy. Naturalnym sposobem rozpowszechniania wiedzy jest aktualnie Internet. Z uwagi na szereg ograniczeń związanych ze specyfiką pracy w podziemiach kopalń zastosowanie tego medium jest jednak ograniczone. Dlatego też w ramach projektu INERG [10] opracowano szereg rozwiązań programowych usprawniających rozpowszechnianie wiedzy o bezpiecznych metodach pracy. Na rysunku 6 przedstawiono zestawienie platform sprzętowych, dla jakich dostępny jest system INSTO.

Możliwości prezentacji poszczególnych treści są zatem ograniczone.

Oparty na nowoczesnych formach upowszechniania wiedzy System Interaktywnych Instrukcji Obsługi INSTO pozwala na pokonanie tego problemu. Zróżnicowana funkcjonalność poszczególnych aplikacji INSTO pozwala wspomagać uczestników procesu utrzymania ruchu niezależnie od zakresu przyporządkowanych im zadań oraz warunków, w jakich zadania są wykonywane. Zaproponowane rozwiązania umożliwiają także ciągłą rozbudowę i aktualizację zasobów wiedzy.



Rys. 6. System Interaktywnych Instrukcji Obsługi - zestawienie obsługiwanych platform sprzętowych [10]

Wykorzystano, między innymi możliwość prezentacji wiedzy na komputerze pokładowym, co pozwala na dostęp do zasobów instrukcji obsługi i procedur serwisowych bezpośrednio z panelu operatora maszyny.

W przypadku złożonych systemów mechanicznych wiedzę charakteryzuje szeroki zakres z uwagi na zindywidualizowaną konstrukcję maszyn oraz zindywidualizowane warunki na stanowiskach pracy, gdzie wykonywane są czynności z zakresu utrzymania ruchu. Zasoby wiedzy stosowane obecnie we wspomaganiu utrzymania ruchu maszyn górniczych są niewystarczające, w szczególności ze względu na zastosowane tradycyjne formy prezentacji wiedzy oraz ich rozpowszechnianie na nośniku papierowym.

4. Kształtowanie bezpieczeństwa pracy – proces szkolenia pracowników

Oferta Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii w zakresie szkoleń obejmuje zarówno rozwiązania bierne – takie jak filmy szkoleniowe, jak i rozwiązania aktywne – czyli interaktywne gry szkoleniowe, które angażują użytkownika w większym stopniu.

Materiały szkoleniowe, przygotowywane w formie krótkich filmów, to rozwiązania znane i rozpowszechnione już od wielu lat w polskich kopalniach. W Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii ITG KOMAG opracowano ponad 110 filmów szkoleniowych realizowanych techniką animacji oraz techniką rejestracji wideo. Rozwój narzędzi do tworzenia materiałów multimedialnych pozwala na ciągłe doskonalenie

warsztatu, podnoszenie jakości przygotowywanych materiałów, poprawę realizmu oraz aspektów związanych z warstwą wizualną [11]. Stosowane są innowacyjne rozwiązania pozwalające na zestawianie elementów rejestracji wideo z rzeczywistych lokalizacji z elementami grafiki 3D. Łączenie różnych technik wizualizacji podnosi poziom realizmu materiału, gdyż w wizualizacji występują miejsca, które są rozpoznawalne przez pracowników. Dodatkowo, zastosowanie elementów grafiki 3D zintegrowanych ze zdjęciami, pozwala na prezentację sytuacji i zdarzeń, których odtworzenie, np. z udziałem aktorów, nie byłoby możliwe, z uwagi na możliwość uszkodzenia ciała [12].

Rozwój metod prezentacji wiedzy i stosowanie najnowszych rozwiązań z tego zakresu ma zatem wpływ na odbiór przez szkolonych. Bardzo ważnym elementem jest również odpowiedni dobór tematyki opracowywanych materiałów oraz przyjęta forma prezentacji.

Uczestnicy szkolenia tracą zainteresowanie, jeśli przez dłuższy czas nie jest od nich wymagana żadna forma aktywności. W celu zwiększenia efektywności szkolenia, stosuje się zatem materiały w postaci filmów np. rekonstrukcji wypadków wraz z działaniami profilaktycznymi. Forma takiego rozwiązania jest skuteczna w sytuacji, kiedy filmy nie są prezentowane zbyt długo. Po godzinnym bloku filmów koncentracja uwagi słuchaczy znacząco słabnie. Konieczne zatem staje się wprowadzenie do szkolenia elementu aktywującego - interaktywnych materiałów szkoleniowych.

Przykładem są gry szkoleniowe (ang. Serious Games), będące symulacjami konkretnych operacji roboczych i sytuacji, w których szkolony może się znaleźć w trakcie wykonywania pracy [13]. Wprowadzenie gry szkoleniowej jako formy szkolenia, pozwala na wydłużenie czasu aktywnego udziału uczestników w zajęciach. Wybór takiej formy prezentacji wiedzy nie jest przypadkowy, gdyż osoby przyjmowane do pracy to najczęściej osoby młode, zaznajomione z techniką komputerową, dla których ta forma prezentacji jest lepiej przyswajalna [14]. Na rysunku 7 przedstawiono wybrane ekrany z gry szkoleniowej przygotowanej na potrzeby adaptacji zawodowej dla nowo przyjętych.

Gra szkoleniowa polega na wirtualnym przejściu drogi, od wejścia na teren zakładu, aż do dojścia na miejsce pracy. W aplikacji umieszczono materiały filmowe zarejestrowane na terenie zakładu górniczego, w którym odbywa się szkolenie, przez co prezentowane zadania odwołują się do rzeczywistych miejsc, w których przebywać będzie szkolona osoba. Drogę dojścia do miejsca pracy podzielono na etapy, w których użytkownik ma za zadanie wykonać określone czynności, mieszcząc się w zadanym czasie. Wszystkie podejmowane decyzje są monitorowane i uwzględniane w generowanym raporcie. Jednym z najnowszych rozwiązań w ofercie Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii ITG KOMAG są interaktywne gry szkoleniowe realizowane w wirtualnym środowisku pracy. Pełne odwzorowanie 3D środowiska pracy pozwala uzyskać efekt tzw. immersji, czyli zagłębienia w wirtualnym świecie [15]. Na rysunku 8 przedstawiono zrzuty ekranu z gry, która pozwala na przeciwiczenie czynności czyszczenia przenośnika taśmowego.



Rys. 7. Interaktywna aplikacja wspomagająca realizację procesów szkoleniowych [14]



Rys. 8. Zrzuty ekranu gry dotyczące czyszczenia rolek przenośnika taśmowego
a) widok stacji napędowej przenośnika taśmowego, b) czynność czyszczenia rolki przenośnika taśmowego [15]

Przekazywanie wiedzy pracownikom nie ogranicza się jedynie do szkoleń okresowych, lecz realizowane jest także w trybie ciągłym, z zastosowaniem różnych form prezentacji wiedzy. Skuteczność szkolenia w dużym stopniu zależy od jego formy, stąd też zakłady górnicze zaczęły wykorzystywać Internet jako medium pozwalające na przekazywanie wiedzy. Ma to na celu głównie zwiększenie zaangażowania uczestników szkoleń i tym samym przyswojenie przez nich większej liczby informacji. Udostępnienie pracownikom platformy internetowej samo w sobie powoduje zwiększenia zaangażowania w proces uczenia się. Bardzo ważna jest motywacja do uczenia się. Dlatego też działy BHP i szkolenia organizują konkursy wiedzy z zakresu znajomości przepisów BHP, w których przewidziane są atrakcyjne nagrody. Powoduje to wzrost zainteresowania pracowników tego rodzaju platformami i wpływa na ich zaangażowanie w proces ciągłego doskonalenia się poprzez pogłębianie wiedzy [16]. Organizowane przez specjalistów z ITG KOMAG konkursy BHP dla zakładów górniczych cieszą się z roku na rok coraz większą popularnością. Na rysunku 9 przedstawiono fotografie z finału konkursu jaki odbył się w 2014 roku w Zakładzie Górniczym Janina.



Rys. 9. Finał konkursu BHP – Zakład Górniczy Janina 2015
[opracowanie własne]

Działania związane z realizacją konkursu BHP obejmują m. in.: przygotowanie materiałów promocyjnych, opracowanie i udostępnienie platformy internetowej oraz organizację finału konkursu. Kluczowym i praco- chłonnym działaniem w tym zakresie było przygotowanie bazy 600 pytań z zakresu BHP, prawa pracy oraz prawa geologicznego i górniczego. Rozbudowana baza pytań o zróżnicowanym poziomie trudności sprawiła, że uczestnicy konkursu mogli wykazać się wszechstronną wiedzą z wielu dziedzin, co stanowiło o wysokim poziomie merytorycznym konkursu.

5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono przykłady rozwiązań z oferty Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii ITG KOMAG wspomagających kształtowanie bezpiecznych warunków pracy z użyciem technologii informatycznych. Opisane rozwiązania można implementować zarówno na etapie projektowania maszyn, jak i podczas ich eksploatacji. Ponieważ nie wszystkie problemy związane z obsługą maszyn można eliminować na etapie projektowania, konieczne jest ich uwzględnienie w kolejnych etapach cyklu życia maszyny. Dlatego też istotny jest prawidłowy przepływ informacji pomiędzy producentem/dostawcą maszyny a użytkownikiem. Opracowane w ITG KOMAG metody rozpowszechniania wiedzy w zakresie bezpiecznych metod pracy z jednej strony wymagają transferu wiedzy na linii producenci maszyn górniczych - zakłady górnicze, a z drugiej - pozwalają ją wykorzystać.

Literatura

1. Michalak D.: Ocena rozwiązań konstrukcyjnych maszyn i urządzeń górniczych w świetle kryterium ergonomicznego. *Mechanik* 2013 nr 7.
2. PRO-M Program wspierający ocenę ryzyka w procesie projektowania maszyn - <http://www.ciop.pl/17494.html>

3. Michalak D., Jaszczuk Ł.: Wspomaganie oceny ryzyka związanego z niedostosowaniem maszyny do cech antropotechnicznych operatora. W: Monografia Bezpieczeństwo Przemysłowe, Tom 2. Pod red. Urbaniaka M., Warszawa 2008.
4. Michalak D., Rozmus M., Winkler T.: Shaping of Working Conditions Using ICT Technology. W: Handbook of Loss Prevention Engineering, volume 1. Pod red. Haight M. J., Wiley-VCH, Weinheim, Germany 2013.
5. Michalak D. i in.: Lokomotywa dołowa elektryczna WLP-50M. Analiza ergonomiczna kabiny operatora lokomotywy WLP-50M, ITG KOMAG, Gliwice 2008 (materiały nie publikowane).
6. PROJEKT INREQ - Enhanced effectiveness and safety of rescuers involved in high risk activities by designing INnovative Rescue Equipment systems, RFCR-CT-2012-00002.
7. Bartoszek S., Jagoda J., Jasiulek D., Jura J., Latos M., Stankiewicz K.: System wibrodiagnostyczny maszyn górniczych. KOMTECH 2013, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013.
8. Jaszczuk Ł., Michalak D., Rozmus M., Winkler T.: Methods and tools supporting maintenance of mining machines. State of the Art. Innovative Mechanization Techniques and Technologies, Monograph No. 10, Scientific editorial staff of the monograph: Magdalena Rozmus, Dariusz Michalak, KOMAG Institute of Mining Technology, Gliwice 2011 s. 8-13.
9. RFCS Coal RTD Programme Contract No. RFCR-04001, IAMTECH, Increasing the Efficiency of Roadway Drivages through the application of Advanced Information, Automation and Maintenance Technologies, KOMAG.
10. INERG: Innowacyjne rozwiązania maszyn wydobywczych podnoszące bezpieczeństwo energetyczne kraju. Umowa ZPB/5/64812/IT2/10.
11. Michalak D., Lesisz R.: Innowacyjne formy szkolenia pracowników zakładów górniczych. Mechanik 2013 nr 7.
12. Winkler T., Michalak D., Jaszczuk Ł.: The Use of Visualization of Risk Factors in Creation of Work Safety. Proceedings of the Eighteenth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES 2009). Banff, Alberta, Canada November 16 – 19, 2009. The Reading Matrix Inc., Irvine, CA, USA.
13. Michael A. White: Serious Games for UAS Training. AHFE International 2010, 3rd International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE, Miami, USA, 17-20 July 2010.
14. Michalak D., Lesisz R.: Zastosowanie interaktywnych aplikacji w szkoleniach pracowników górniczych zakładów podziemnych. Mechanik 2011 nr 7.
15. Jaszczuk Ł. i in.: Konkursy wiedzy z BHP w samokształceniu pracowników zakładów górniczych. Eduk. Ustawicz. Doros. 2015 nr 2 s. 122 - 134, ISSN 1507-6563.
16. Michalak D., Rozmus M., Lesisz R., Wołczyk W.: Narzędzia informatyczne podwyższające kompetencje interpersonalne osób dozoru ruchu i kompetencje fachowe robotników - Projekt PROFi. KOMTECH 2014, Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa. Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2014.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

Certyfikacja oraz wydawanie opinii w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie

W artykule przedstawiono działalność Instytutu Techniki Górniczej KOMAG, jako akredytowanej jednostki certyfikującej, posiadającej również uprawnienia jednostki notyfikowanej, do prowadzenia procesów certyfikacji oraz opiniowania w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych. Rzetelnie i fachowo przeprowadzone procesy certyfikacji i opiniowania są gwarancją przekazania użytkownikom wyrobów bezpiecznych, spełniających wymagania techniczne i odpowiadających aktualnemu poziomowi wiedzy technicznej.

Słowa kluczowe: ocena zgodności, certyfikacja, akredytacja, notyfikacja, jednostka certyfikująca wyroby

Keywords: assessment of conformity, certification, accreditation, notification, certifying body

Summary

Activity of the KOMAG Institute of Mining Technology as the accredited certifying body, which is also authorized as the notified body to certify and to give opinions about the products to be approved for use in mining plants, is presented. Reliable and professional certification and opinions guarantee that the products delivered to the users are safe, meet the technical requirements and are state-of-the-art.

1. Wstęp

Instytut Techniki Górniczej KOMAG prowadzi od 1971 roku działalność w zakresie badań i oceny maszyn górniczych. Początkowo, badania i ocena ich wyników (atestacja) obejmowały swoim zakresem jedynie maszyny wyciągowe górniczych wyciągów szybowych. Celem atestacji było wykazanie zgodności budowy i działania maszyn wyciągowych z warunkami i wymogami zawartymi w obowiązujących przepisach, normach i aktach normatywnych, które w miarę rozwoju nauki, techniki i technologii produkcji sukcesywnie się zmieniały.

Zarządzeniem nr 37 Ministerstwa Przemysłu z dnia 13 stycznia 1989 r. w sprawie dopuszczania maszyn i urządzeń do stosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych [2] rozszerzono zakres maszyn i urządzeń górniczych podlegających dopuszczeniu. W Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG 29 marca 1991 r. utworzono Zakład Badań Atestacyjnych - jednostkę organizacyjną upoważnioną przez Ministra Przemysłu do przeprowadzania badań i wydawania orzeczeń atestacyjnych maszyn wyciągowych, kombajnów ścianowych, przenośników zgrzeblowych, strugów węglowych, przenośników taśmowych, wentylatorów łutniowych, odpylaczy suchych i mokrych, kombajnów chodnikowych, ładowarek gąsienicowych, wozów i manipulatorów wiertniczych, kolejek linowych podwieszonych i spągowych, kołowrotów i ciągników linowych, wiertarek obrotowo-udarowych i młotów hydraulicznych, agregatów hydraulicznych, pomp wirnikowych do wody, silników hydraulicznych, lokomotyw górniczych spalino-

wych, strumienic powietrznych oraz wyposażenia elektrycznego maszyn i urządzeń górniczych.

Wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej (1 maja 2004 r.) i przyjęciem dyrektyw nowego podejścia, zmianie uległ sposób potwierdzania zgodności wyrobów z wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa. Obecnie podstawą oceny wyrobów z wymaganiami bezpieczeństwa jest ustawa z 30 sierpnia 2002 r. [3] oraz rozporządzenia właściwych ministrów wdrażające dyrektywy nowego podejścia Unii Europejskiej do krajowego systemu prawnego.

Dopuszczanie wyrobów do stosowania w zakładach górniczych zostało utrzymane, jednak zakres wyrobów podlegających dopuszczeniu uległ znacznemu ograniczeniu. Bezpośrednim powodem utrzymania oceny dokonywanej w ramach procedury, której zasady obecnie reguluje ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze [4], było wyłączenie pewnych rodzajów wyrobów z postanowień dyrektywy odnoszących się do maszyn [5] oraz urządzeń elektrycznych [6], jak również konieczność oceny poprawności współpracy maszyn i urządzeń tworzących systemy technologiczne (kompleksy ścianowe i chodnikowe) oraz systemy bezpieczeństwa.

2. Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca ITG KOMAG – zakres uprawnień

W odniesieniu do wyrobów, których stosowanie w zakładach górniczych jest związane z największym

ryzykiem, procedury oceny zgodności z wymaganiami bezpieczeństwa przeprowadzają akredytowane jednostki certyfikujące. W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG zadania akredytowanej jednostki certyfikującej wyroby, wydającej opinie w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych oraz jednostki notyfikowanej w odniesieniu do wymagań dyrektyw Unii Europejskiej, realizuje wydzielona komórka organizacyjna - Zakład Badań Atestacyjnych Jednostka Certyfikująca.

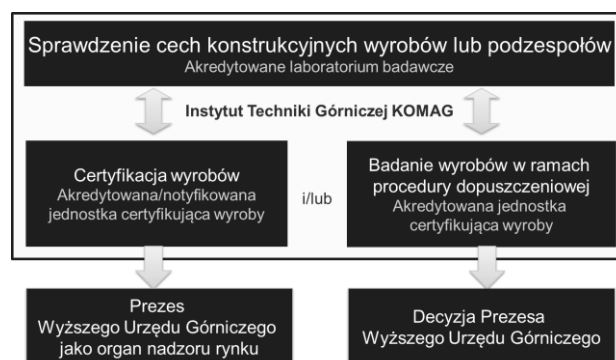
Podstawą działalności Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej jest:

- akredytacja nr AC 023, udzielona przez Polskie Centrum Akredytacji, do certyfikacji maszyn i urządzeń, głównie przeznaczonych do stosowania w zakładach górniczych (od 1993 r.) oraz do wydawania opinii w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych, na podstawie art. 113 ust. 3 ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze [4] (od 2014 r.),
- akredytacja nr AC165, udzielona przez Polskie Centrum Akredytacji, do certyfikacji systemów zarządzania jakością (od 2012 r.),
- upoważnienie wynikające z art. 113 ust. 3 ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. - Prawo geologiczne i górnicze [4] do badań i oceny wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych: elementów górniczych wyciągów szybowych tj: maszyn wyciągowych, urządzeń sygnalizacji i łączności szybowej, wciągarek wolnobieżnych, kół linowych oraz wyrobów stosowanych w wyrobiskach podziemnych m.in. urządzeń transportu linowego, kolejek podwieszanych, kolejek spągowych, wozów do przewozu osób, wozów specjalnych, maszyn i urządzeń elektrycznych, aparatury łączeniowej na napięcie powyżej 1 kV prądu przemiennego lub powyżej 1,5 kV prądu stałego, systemów łączności, bezpieczeństwa i alarmowania, a także zintegrowanych systemów sterowania kompleksów wydobywczych i przodkowych,
- notyfikacja Komisji Europejskiej (nr 1456) do wypełniania zadań określonych w dyrektywach: 2006/42/WE (maszynowej) [5], 94/9/WE (ATEX) [1], 2006/95/WE (LVD) [6], 2009/48/WE (Safety of Toy) [7], w tym m.in. do przeprowadzania procedury badania typu WE: maszyn szynowych (lokomotywy i wózków hamulcowych), hydraulicznych obudów zmechanizowanych, silników spalinowych, urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, zabawek oraz do zatwierdzania systemów jakości producentów urządzeń budowy przeciwwybuchowej,
- upoważnienia wynikające z rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006 r. [8] zmieniającego rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego

w podziemnych zakładach górniczych [9] do wydawania oceny zdolności podmiotów gospodarczych do wykonywania remontów urządzeń budowy przeciwwybuchowej.

Obszary działalności Instytutu Techniki Górniczej KOMAG, jako akredytowanej jednostki certyfikującej wyroby w zakresie potwierdzania zgodności wyrobów certyfikowanych i dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych z wymaganiami bezpieczeństwa przedstawiono na rysunku 1. Cechy konstrukcyjne wyrobów są weryfikowane m.in. w toku badań przeprowadzonych przez akredytowane laboratoria Instytutu KOMAG [14]. Pozytywne wyniki badań laboratoryjnych oraz oceny wyrobów zakończone wydaniem przez Zakład Badań Atestacyjnych ITG KOMAG:

- certyfikatu - są podstawą do wprowadzenia ich do obrotu handlowego,
- opinii („Wyników badań”) – są podstawą wydania decyzji przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego dopuszczającej na ich stosowanie w zakładach górniczych (dotyczy wyrobów wymienionych w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych [10]).



Rys.1. Badanie i ocena maszyn i urządzeń górniczych prowadzona przez ITG KOMAG
[źródło: opracowanie własne]

Działalność certyfikacyjna Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej ITG KOMAG odbywa się zgodnie z systemem zarządzania, spełniającym wymagania norm PN-EN ISO IEC 17065:2013-03 [11] (certyfikacja wyrobów) oraz PN-EN ISO IEC 17021:2011 [12] (certyfikacja systemów zarządzania), natomiast wydawanie opinii w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych, zgodnie z dokumentem DAC-21 [13] wydanym przez Polskie Centrum Akredytacji przy współpracy z Wyższym Urzędem Górniczym.

Akredytacje udzielone ITG KOMAG są formalnym uznaniem przez krajową jednostkę akredytującą (Polskie Centrum Akredytacji) kompetencji jednostki certyfikującej wyroby i systemy zarządzania jakością. Oznacza to m.in., że w swojej działalności Zakład Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej, kieruje

się zasadami gwarantującymi bezstronność, poufność i wiarygodność wyników uzyskiwanych w ramach stosowania programów certyfikacji wyrobów i systemów jakości.

Zadania realizowane przez Zakład Badań Atestacyjnych Jednostkę Certyfikującą Instytutu Techniki Górniczej KOMAG, jako jednostki notyfikowanej oraz producentów urządzeń budowy przeciwwybuchowej, w ramach procedur (modułów) oceny zgodności określonych w dyrektywie 94/9/WE ATEX [1], przedstawiono w tabeli 1.

Procedury oceny zgodności wg dyrektywy 94/9/WE ATEX [źródło: opracowanie własne]

Tabela 1

MODUŁ		PRODUCENT						JEDN. NOTYFIK.		
PROJEKTOWANIE	PRODUKCJA	przygotowuje dokumentację techniczną	przedkłada dokumentację techniczną i prototyp	bada wyrób	deklaruje zgodność	nanosi oznakowanie CE	utrzymuje system jakości	bada dokumentację techniczną i wyrób	wystawia certyfikat badania typu WE / świadectwo zgodności	ocenia, nadzoruje system jakości
A Wewnętrzna kontrola produkcji		X		X	X	X				
B. Badanie typu WE + Zgodność z typem w oparciu o:			X					X	X	
C wew. kontrolę produkcji oraz badanie wyrobów pod nadzorem				X	X	X				
D zapewnienie jakości procesu produkcji					X	X	X			X
E zapewnienie jakości wyrobów					X	X	X			X
F weryfikację wyrobu					X	X		X	X	
G Weryfikacja jednostkowa			X		X	X		X	X	

3. Ocena zgodności warunkiem bezpiecznego stosowania maszyn i urządzeń w zakładach górniczych

Działalność Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej, przyczynia się do zapewnienia bezpieczeństwa konstrukcji i stosowania maszyn i urządzeń w zakładach górniczych, poprzez niezależne i bezstronne (jako tzw. „trzecia strona”) dokonywanie oceny zgodności maszyn i urządzeń z kryteriami technicznymi, na etapie wprowadzania ich do obrotu handlowego.

Podstawowym celem oceny zgodności jest weryfikacja przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych w aspekcie bezpieczeństwa. Badania i ocena wyrobu ma dostarczyć producentowi informacji, czy produkowany przez niego wyrób jest bezpieczny oraz czy może zadeklarować jego zgodność z mającymi zastosowanie wymaganiami technicznymi. Konstrukcje maszyn i urządzeń górniczych, które przeszły z wynikiem pozytywnym proces oceny w ramach certyfikacji i/lub wydawania opinii, należy uznać za spełniające aktualnie obowiązujące wymagania bezpieczeństwa. W związku z tym działalność Zakładu Badań Atestacyjnych Jednostki Certyfikującej dostarcza

producentom dowodów zgodności wyrobów a użytkownikom gwarancji, że zadeklarowane własności wyrobów i ich parametry, są zapewnione.

Podczas rozpatrywania zagadnień związanych z bezpieczeństwem stosowania maszyn i urządzeń w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych, nie należy rozpatrywać tylko ich cech konstrukcyjnych, ale również czynniki związane z ich pracą w systemach technologicznych. Służy temu ocena kompleksów wydobywczych i przodkowych uwzględniająca m.in. kompatybilność współpracujących ze sobą maszyn, warunki ich stosowania, bezpieczeństwo przeciw-wybuchowe, dobór urządzeń elektrycznych do kategorii zagrożeń występujących w przewidywanym miejscu pracy, jak również wymagana przepisami górniczymi, funkcjonalność, prowadzona przez specjalistów jednostki certyfikującej.

Kolejnym istotnym elementem zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania wyrobów, są informacje zawarte w instrukcji przekazywanej użytkownikowi wraz z maszyną lub urządzeniem. Specjaliści jednostki certyfikującej weryfikują jej kompletność i zawartość. Sprawdzają, czy znajdują się w niej wszystkie niezbędne informacje dotyczące: transportu, przemieszczania, magazynowania, uruchomienia, eksploatacji, utrzymania w ruchu (konserwacji), wyłączenia z ruchu, demontażu, pozbywania się, jak również postępowania w sytuacjach awaryjnych, oraz czy informacje zawarte w dokumentacji jednoznacznie identyfikują przeznaczenie wyrobu, czy określają prawidłowe i bezpieczne użytkowanie oraz czy ostrzegają o ryzyku resztkowym i zagrożeniach związanych z niedozwolonymi sposobami eksploatacji.

Pozytywny wynik oceny wyrobu, przeprowadzonej w Zakładzie Badań Atestacyjnych Jednostce Certyfikującej, oznacza, że spełnia on wymagania techniczne, informacje dotyczące obsługi i ostrzeżenia o zagrożeniach są naniesione na wyrób oraz użytkownik ma dostęp do kompletnej i wyczerpującej instrukcji. Wszystkie ww. elementy oceny wpływają na bezpieczne stosowanie maszyn i urządzeń w zakładach górniczych.

4. Podsumowanie

Tradycja Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w zakresie działalności związanej z oceną maszyn i urządzeń górniczych sięga kilkudziesięciu lat. Obecna działalność związana z oceną zgodności wyrobów jest prowadzona w oparciu o własne zaplecze badawcze, systemy zarządzania spełniające najnowsze standardy światowe (normy serii ISO/IEC), kompetentną kadre inżynierską oraz wdrożone procedury oceny zgodności (programy certyfikacji). Akredytacja Polskiego Centrum Akredytacji przyczynia się do ciągłego doskonalenia programów certyfikacji wyrobów i systemów zarządzania jakością oraz stanowi potwierdzenie rzetelności oraz bezstronności procesów oceny.

Zaufanie do prowadzonej przez Zakład Badań Atestacyjnych Jednostkę Certyfikującą działalności nie jest tylko wynikiem nadzoru krajowej jednostki akredytującej – jest również wynikiem kompetencji technicznych i stosowanych w jednostce zasad etycznych, czego potwierdzeniem jest wieloletnia współpraca z zakładami górniczymi i producentami maszyn i urządzeń górniczych. Producenci i ich klienci (użytkownicy) mogą być pewni, że wyroby certyfikowane lub pozytywnie ocenione w ramach opiniowania przez ITG KOMAG charakteryzują się poziomem bezpieczeństwa wyznaczonym w dokumentach odniesienia (normach, przepisach).

Literatura

1. Dyrektywa nr 94/9/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 marca 1994 w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (ATEX).
2. Zarządzenie nr 37 Ministerstwa Przemysłu z dnia 13 stycznia 1989 r. w sprawie dopuszczania maszyn i urządzeń do stosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych - obowiązujące od 13 stycznia 1989 r., zmienione Zarządzeniem Nr 29 z dnia 29 sierpnia 1990 r. i Zarządzeniem Nr 7 z dnia 29 marca 1991 r.
3. Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. z 2002 r. Nr 166, poz.1360 wraz z późniejszymi zmianami).
4. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2015 r. poz. 196).
5. Dyrektywa nr 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn, zmieniająca dyrektywę 95/16/WE (MD).
6. Dyrektywa 2006/95/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia.
7. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/48/WE z dnia 18 czerwca 2009 r. w sprawie bezpieczeństwa zabawek.
8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. Nr 124 z 2006 r., poz.863).
9. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. Nr 139 z 2002 r. poz.1169).
10. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych (Dz.U. Nr 99, poz. 1003 wraz z późniejszymi zmianami).
11. PN-EN ISO/IEC 17065:2013-03 Ocena zgodności. Wymagania dla jednostek certyfikujących wyroby, procesy i usługi.
12. PN-EN ISO/IEC 17021:2011 Ocena zgodności. Wymagania dla jednostek prowadzących audyty i certyfikację systemów zarządzania
13. Wytyczne DAC-21 Program akredytacji jednostek certyfikujących wydających opinie w sprawie wyrobów dopuszczanych do stosowania w zakładach górniczych. Wydanie 1. PCA Warszawa 2014.
14. Figiel A., Zając R.: Znaczenie akredytowanych badań laboratoryjnych w procesie oceny zgodności wyrobów. Problemy Jakości 2014 nr 7-8 s. 26-31, ISSN 0137-8651.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

KOMAG w Europejskiej Przestrzeni Badawczej

Streszczenie

Udział Instytutu Techniki Górniczej KOMAG w Europejskiej Przestrzeni Badawczej rozpoczął się jeszcze przed przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej. W artykule przedstawiono realizację projektów badawczych współfinansowanych przez Komisję Europejską, oraz drogę jaką przeszedł KOMAG stając się jedną z najlepszych jednostek badawczych w Europie.

Summary

KOMAG Institute of Mining Technology has joined the European Research Area before Poland entered the European Union. Realization of research projects co-financed by the European Commission and the way KOMAG came to become one of the best research centres in Europe are presented.

Współpraca międzynarodowa ITG KOMAG od początku jego istnienia była ważnym aspektem działalności. Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej umożliwiło nam nawiązanie kontaktów z czołowymi ośrodkami naukowymi i przemysłowymi w Europie. Jednakże w ramach integracji ze Wspólnotą, już w 2002 roku KOMAG złożył wniosek projektowy do 5. Programu Ramowego Badań, Rozwoju Technicznego i Prezentacji Unii Europejskiej - jako podmiot z kraju stowarzyszonego – i uzyskał dofinansowanie projektu nastawionego na nawiązywanie współpracy międzynarodowej „Centrum Doskonałości MECHSYS”.



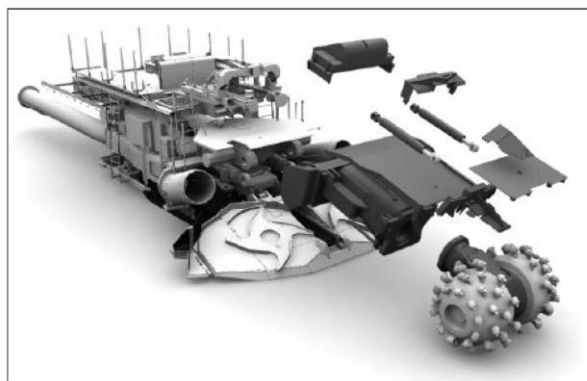
Rys. 1. Logo projektu MECHSYS

Głównymi celami projektu były:

- doskonalenie i umocnienie rozwoju naukowego i technicznego KOMAG-u w celu pełniejszej integracji z Europejską Przestrzenią Badawczą,
- dalsze wdrażanie zaawansowanych technik i technologii przyjaznych środowisku, w szczególności w zakresie badania relacji człowiek-maszyna-środowisko,
- zdobywanie wiedzy i technologii dla nowych generacji wielofunkcyjnych, bardziej wydajnych, bezpiecznych, ergonomicznych i przyjaznych dla środowiska systemów mechanicznych.

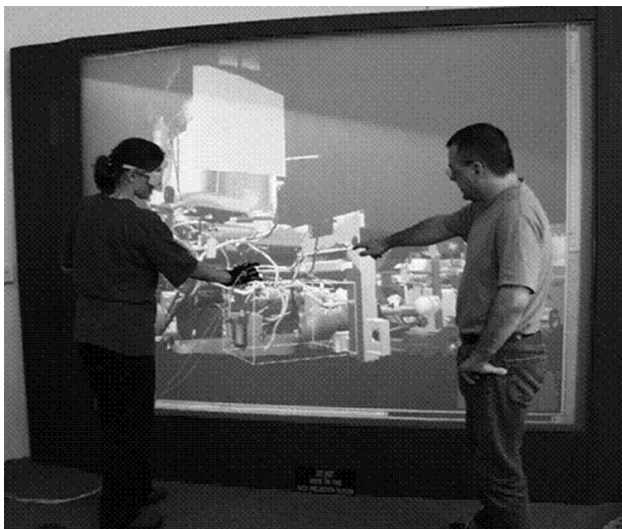
Środkami służącymi do realizacji tych celów były międzynarodowe warsztaty i konferencje, w których uczestniczyli wybitni specjaliści z kraju i zagranicy, oraz wyjazdy specjalistów z ITG KOMAG do wiodących europejskich ośrodków naukowych.

W 2003 roku nowo nawiązane kontakty zaowocowały zaproszeniem naszego Instytutu (wtedy jeszcze Centrum Mechanizacji Górnictwa) do współpracy w ramach międzynarodowego projektu badawczego IAMTECH, współfinansowanego przez Fundusz Badawczy Węgla i Stali. Podstawowym zadaniem projektu było podniesienie wydajności drążenia chodników dzięki zastosowaniu zaawansowanych technologii informatycznych i automatyzacji procesu utrzymania ruchu. Konkretna współpraca naukowa w międzynarodowym gronie wykazała potencjał Instytutu KOMAG i możliwości, umiejętności oraz kompetencje naszego zespołu naukowców i konstruktorów. Daliśmy się poznać jako solidny partner, co zaowocowało zaproszeniami do kolejnych projektów, nie tylko w ramach Funduszu Badawczego Węgla i Stali.



Rys. 2. Wizualizacja głównych elementów kombajnu chodnikowego

Specjaliści ITG KOMAG zaczęli nabierać doświadczenia w realizacji projektów naukowych w międzynarodowych konsorcjach, gdy zostali postawieni przed wielkim wyzwaniem – KOMAG został zaproszony do jednego z największych projektów badawczych realizowanych w Europie w ramach 6. Programu Ramowego ds. Badań, Rozwoju Technicznego i Prezentacji. Projekt VIRTUALIS, bo o nim mowa, był tzw. projektem zintegrowanym, o budżecie przekraczającym 14 milionów euro w skład którego konsorcjum wchodziło 49 firm z 17 krajów. Tytuł projektu brzmiał: „Zastosowanie wirtualnej rzeczywistości i czynnika ludzkiego dla podniesienia bezpieczeństwa”, a jego celem było ograniczenie zagrożeń w zakładach produkcyjnych i obiektach magazynowych poprzez stworzenie systemu pozwalającego na ocenę wpływu wszelkich modyfikacji technicznych na pracę operatorów maszyn i urządzeń. System skierowany był do osób zajmujących się praktycznymi zagadnieniami bezpieczeństwa w zakładach przemysłowych. Rezultatem projektu była nowa technologia, powstała poprzez połączenie czynnika ludzkiego i technik wirtualnej rzeczywistości.



Rys. 3. Pokaz techniki rzeczywistości rozszerzonej na Politechnice w Mediolanie

W 2005 roku zaproszono ITG KOMAG do kolejnego projektu w ramach 6. Programu Ramowego. Tym razem był to projekt skrajnie odległy od tematyki górniczej. ENHIP – projekt zainicjowany przez małe i średnie przedsiębiorstwa hiszpańskie, potrzebujące nowych, ergonomicznych narzędzi chirurgicznych. Miał on na celu opracowanie instrumentarium zarówno dla otwartych operacji stawu biodrowego, jak i dla chirurgii nieinwazyjnej, z uwzględnieniem kryteriów ergonomii dla poprawy warunków pracy chirurgów w czasie przeprowadzania operacji.



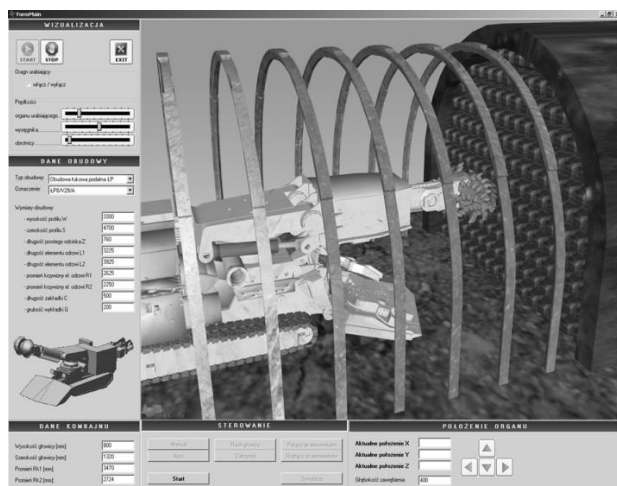
Rys. 4. Wizualizacja pozycji chirurga w trakcie operacji

W tym samym 2005 roku, dzięki kontaktom z parterami francuskimi, zaproponowano specjalistom z ITG KOMAG realizację projektu w ramach najstarszego europejskiego programu naukowego – COST (European Cooperation in Science and Technology). Program ten ukierunkowany jest na prowadzenie badań podstawowych oraz prac badawczych stanowiących pomost pomiędzy badaniami podstawowymi a pracami rozwojowymi. Projekt COST-356-EST: „Działania w kierunku wymiernego zdefiniowania transportu o zrównoważonym oddziaływaniu na środowisko” miał na celu zintegrowanie europejskiej wiedzy w zakresie oceny środowiskowo zrównoważonych aspektów politycznych z technologiami transportu oraz opracowanie zharmonizowanych metod w celu stworzenia lepszych wskaźników środowiskowych.

Silna pozycja KOMAG w branży górniczej, oraz opinia solidnego partnera zaowocowały kolejnymi propozycjami opracowania innowacyjnych rozwiązań do Funduszu Badawczego Węgla i Stali, a także coraz liczniejszymi zaproszeniami od partnerów z całej Europy. W efekcie przez kolejne lata Instytut realizował następujące projekty badawcze: NEMAEQ („Nowe kierunki mechanizacji i automatyzacji maszyn i urządzeń ścianowych i chodnikowych”), ADRIS („Inteligentny układ drażenia chodników”), MINTOS („Poprawa efektywności oraz bezpieczeństwa prowadzenia prac w górniczym transporcie podziemnym”).

Rok 2008 był szczególnie ważny dla uczestnictwa ITG KOMAG w Europejskiej Przestrzeni Badawczej. Dyrektor Instytutu złożył wniosek o przystąpienie KOMAG-u do międzynarodowej organizacji EURACOAL.

EURACOAL – The European Association for Coal and Lignite, to międzynarodowa organizacja zrzeszająca producentów oraz importerów węgla kamiennego i brunatnego, oraz instytuty badawcze działające w branży wydobywczej. Obecnie w działalności EURACOAL aktywnie uczestniczy 35 firm i organizacji z 20 krajów. Najważniejszym celem działalności tego stowarzyszenia jest zwracanie uwagi europejskiej opinii publicznej i elit politycznych na znaczenie węgla jako surowca strategicznego oraz bezpiecznego i zrównoważonego źródła energii w Europie.



Rys. 5. Okno aplikacji symulacyjnej pracy kombajnu chodnikowego

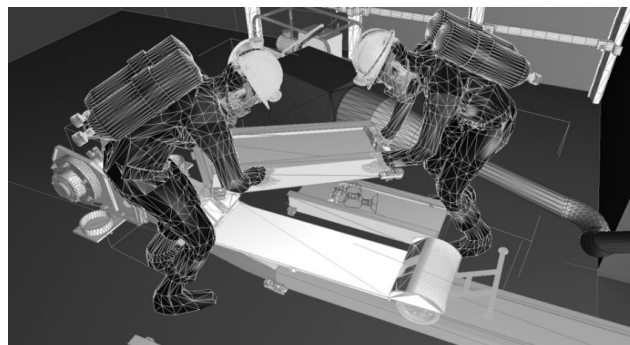
Długie lata działalności - załówek tej organizacji powstał już w 1952 roku – uczynił z EURACOAL znaczącego gracza na politycznej scenie Europy. Obecnie brukselskie przedstawicielstwo EURACOAL blisko współpracuje z Komisją Europejską i Parlamentem Europejskim, stanowiąc głos doradczy oraz ekspercki we wszelkich sprawach związanych z przemysłem węglowym w Europie.

Obecność Instytutu KOMAG w tak prestiżowej organizacji zaowocowała nowymi kontaktami oraz możliwością uzyskania eksperckich porad dotyczących wniosków projektowych składanych do Funduszu Badawczego Węgla i Stali. Instytut KOMAG aktywnie uczestniczy w pracach Komisji Technicznej EURACOAL, i dzięki tym doświadczeniom oraz rekomendacji udzielonej przez EURACOAL, Dyrektor ITG KOMAG, pani dr inż. Małgorzata Malec, sprawuje funkcję eksperta Komisji Europejskiej, oceniającego wnioski projektowe składane przez jednostki z całej Europy do Funduszu Węgla i Stali.

W latach 2009 i 2010 rozpoczęto nowe projekty, o bardzo różnorodnych źródłach finansowania, realizowane w ramach 6. Programu Ramowego (projekt i-Protect), Funduszu Węgla i Stali (projekty

EMIMSAR i MINFIREX), a także programu „Uczenie przez całe życie” (projekt Osteoform).

Wizerunek KOMAG-u na arenie międzynarodowej, jak również opinia o jego rzetelności sprawiły, że każdego roku specjaliści zapraszani są do współpracy w ramach projektów, składanych do Komisji Europejskiej przez najlepsze europejskie jednostki badawcze.



Rys. 6. Symulacja akcji ratowniczej

Rok 2012 to kolejny krok milowy uczyniony przez specjalistów naszego Instytutu. Projekt o akronimie INREQ, którego pomysłodawcą i koordynatorem jest KOMAG, uzyskał wysoką ocenę ekspertów Komisji Europejskiej i przyznano mu finansowanie z Funduszu Badawczego Węgla i Stali. Projekt ten, zatytułowany „Zwiększenie poziomu efektywności pracy ratowników i ich bezpieczeństwa, zaangażowanych w działania wysokiego ryzyka, poprzez projektowanie innowacyjnych systemów sprzętu ratowniczego” związany jest ściśle z poprawą efektywności prowadzenia akcji ratowniczych podczas katastrof w górnictwie podziemnym. Równolegle zakłada się osiągnięcie wzrostu poziomu bezpieczeństwa oraz komfortu pracy ratowników. Postawione cele zamierza się osiągnąć przez zaprojektowanie szeregu prototypowych, a także eksperymentalnych urządzeń. Koordynacja międzynarodowego projektu realizowanego przez 7 firm z 5 krajów jest nowym wyzwaniem, z którego nasi specjaliści wywiązują się bardzo sprawnie, pomimo poważnych zawirowań w europejskiej gospodarce i kryzysu, który odcisnął swoje piętno na sytuacji niektórych partnerów.

Instytut KOMAG swoje korzenie ma w przemyśle górniczym, ale zdając sobie sprawę z uwarunkowań gospodarczych od lat poszukuje nowych możliwości, branż i rynków, na potrzeby których mógłby opracowywać innowacyjne rozwiązania. I właśnie dzięki takiej dywersyfikacji specjalności naukowych coraz częściej Instytut uczestniczy w realizacji projektów w dziedzinach bardzo odległych od górnictwa. W ostatnich 2 latach były to projekty LAPFORM –

„Internetowy kurs kształcenia zawodowego w dziedzinie przestrzegania zasad ergonomii w laparoskopii przez chirurgów oraz projektantów narzędzi chirurgicznych” oraz niedawno rozpoczęty Trans4OrthoMIS – „Szkolenie zawodowe on-line na temat ergonomii w małoinwazyjnych ortopedycznych zabiegach chirurgicznych”.



Rys. 7. Operacja techniką laparoskopii

Specjaliści ITG KOMAG biorą corocznie udział w realizacji przynajmniej jednego nowego projektu w ramach Funduszu Badawczego Węgla i Stali. Obecnie oczekujemy na rozpoczęcie negocjacji przed podpisaniem kontraktu na realizację projektu BEVEXMIN, którego realizacja rozpocznie się 1 lipca bieżącego roku.

W sumie od 2003 roku ITG KOMAG uczestniczył w realizacji 16 projektów międzynarodowych, współfinansowanych przez Unię Europejską, w ramach siedmiu różnych programów i uzyskał wśród jednostek europejskich markę wartościowego partnera, którego zakres wiedzy i umiejętności plasują wśród najlepszych jednostek badawczych w Europie.

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.

Działalność ITG KOMAG w rozpowszechnianiu wiedzy

treszczenie

W każdej dziedzinie nauki przekazywanie i rozpowszechnianie wyników badań jest bardzo ważne, gdyż tworzy system komunikacji pomiędzy nauką a przemysłem. Przepływ wiedzy z ITG KOMAG w sferę przemysłową (praktycznych zastosowań) odbywa się poprzez upowszechnianie aktualnego stanu wiedzy, innowacji i innych osiągnięć poprzez publikacje naukowe, konferencje, seminaria szkoleniowe, a także czynny udział w targach branżowych. Coraz większe znaczenie w przekazywaniu wiedzy ma obecnie internet.

Słowa kluczowe: rozpowszechnianie wiedzy, zarządzanie informacją, publikacje naukowe, promocja wyników naukowo-badawczych

Keywords: knowledge dissemination, management of information, scientific publications, promotion of scientific-and-research results

Summary

Transfer and dissemination of test results is very important in each field of science, as they create connection between science and industry. Transfer of knowledge from the KOMAG Institute of Mining Technology to industry (practical applications) is realized by dissemination of present state of the art, innovation and other achievements through scientific publications, conferences, training seminars and active participation in the fairs. At present, internet becomes more and more important tool in knowledge transfer.

1. Wstęp

Podstawowym, statutowym zadaniem jednostek naukowych jest prowadzenie badań i upowszechnienie ich wyników. Instytut Techniki Górniczej KOMAG wyniki prac naukowo-badawczych popularyzuje poprzez:

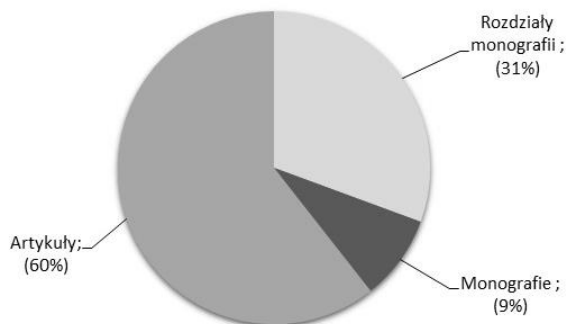
- publikacje naukowe, w tym wydawanie kwartalnika „Maszyny Górnicze” oraz cyklu monografii,
- organizowanie konferencji naukowo-technicznych,
- uczestnictwo specjalistów KOMAG-u w wybranych konferencjach krajowych i zagranicznych organizowanych przez inne jednostki,
- organizowanie seminariów szkoleniowych,
- promowanie rozwiązań Instytutu KOMAG na targach i wystawach.

2. Wydawnictwa ITG KOMAG i informacja naukowo-techniczna

W systemie komunikacji naukowej podstawowymi dokumentami potwierdzającymi dokonania badawcze są publikacje naukowe (artykuły, referaty konferencyjne, monografie). Rola czasopism naukowych w dokumentowaniu i rozpowszechnianiu wiedzy jest istotna,

gdyż pełnią one szereg funkcji: podsumowują osiągnięte wyniki prac naukowo-badawczych, informują o wynikach wdrożeń, edukują oraz dokumentują rozwój naukowy pracowników [7].

Pracownicy Instytutu Techniki Górniczej KOMAG corocznie publikują kilkadziesiąt opracowań - monografii oraz artykułów w czasopismach krajowych, zagranicznych i w materiałach konferencyjnych, prezentując w ten sposób nie tylko swój dorobek naukowy, ale także osiągnięcia jednostki. W minionych 10 latach opublikowali łącznie 830 opracowań, o różnym charakterze, co przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Struktura publikacji naukowych ITG KOMAG w latach 2005-2015,
[źródło: opracowanie własne na podstawie [9]]

W ostatnich latach zauważa się również wyraźny wzrost zainteresowania informacją naukową i znaczący rozwój metod jej zarządzania. Dostrzeżono w niej nowy zasób, który przetworzony, stał się poszukiwanym i wartościowym produktem.

Istotną pomoc w gromadzeniu pozyskiwaniu informacji naukowej i technicznej, szczególnie przez małe i średnie przedsiębiorstwa odgrywają działy informacji jednostek naukowych, które przygotowują zestawienia i analizy, na podstawie wszystkich możliwie dostępnych danych zamieszczanych w czasopismach naukowych, materiałach konferencyjnych, różnego rodzaju informatorach, katalogach, bazach danych. Korzystanie z wiedzy tych wyspecjalizowanych ośrodków może ułatwić poszukiwanie szeregu informacji [7].

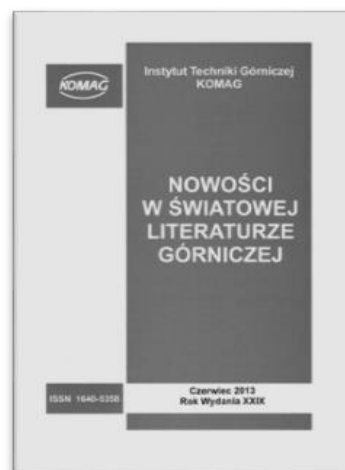
W strukturze KOMAG-u działa ośrodek informacji naukowo-technicznej, który gromadzi informacje i opracowuje unikalną, specjalistyczną bibliograficzną bazę komputerową **INTE-KOMAG** w oparciu o licencjonowany pakiet Micro CDS/ISIS. Tematyka bazy obejmuje swoim zakresem szeroko pojętą mechanizację górnictwa podziemnego, w tym: maszyny do urabiania i transportu, obudowy zmechanizowane, kompleksy ścianowe, urządzenia podsadzkowe, wiertnicze, wentylacyjne i klimatyzacyjne, maszyny i urządzenia wyciągowe, zagadnienia z zakresu przeróbki i wzbogacania mechanicznego węgla, ochrony środowiska oraz problematykę związaną z zarządzaniem i restrukturyzacją górnictwa.

Zasięg chronologiczny bazy komputerowej obejmuje lata od 1985 r. do najnowszych publikacji, a sama baza zawiera przeszło 40930 rekordów, z których każdy obejmuje dane bibliograficzne dokumentu źródłowego, tłumaczenie tytułu obcojęzycznego, analizę deskryptorową lub w przypadku ważniejszych publikacji streszczenie autorskie, względnie komentarz [7].

Wspomniane zasoby umożliwiają wykonywanie:

- zestawień tematycznych,
- profili tematycznych w systemie informacji bieżącej,
- serwisów informacyjnych,
- opracowań analityczno-syntetycznych.

W oparciu o informacje z bibliograficznej bazy INTE-KOMAG wydawany jest miesięcznik bibliograficzny „**Nowości w Światowej Literaturze Górniczej**”, w którym opisywanych jest rocznie około 1800 pozycji bibliograficznych ze światowej literatury fachowej, co stanowi niewątpliwą pomoc w poszukiwaniu nowości literaturowych. Opracowanie to pozwala śledzić nowości i przemiany zachodzące w technice górnictwa i przemyśle wydobywczym, a także poruszać zagadnienia ochrony środowiska szczególnie przemysłowego oraz restrukturyzacji przemysłu, certyfikacji i jakości.



W systemie wymiany informacji naukowej podstawowym dokumentem potwierdzającym dokonania badawcze jest publikacja naukowa w postaci artykułu lub monografii.

Wydawany od 1983 r. kwartalnik naukowo-techniczny „**Maszyny Górnicze**” prezentuje prace naukowe, badawczo-rozwojowe i wdrożeniowe w dziedzinie mechanizacji górnictwa, szczególnie z zakresu: podziemnych systemów mechanizacji kopalń, przeróbki mechanicznej, wpływu systemów mechanizacyjnych na środowisko oraz relacji ergonomicznych człowiek-maszyna.

W kwartalniku zamieszczane są artykuły naukowców z wyższych uczelni, instytutów oraz użytkowników i producentów maszyn [7].

Kwartalnik „Maszyny Górnicze” znajduje się w wykazie punktowanych czasopism Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.



Warto podkreślić, iż od 2013 roku Wydawnictwo „Maszyny Górnicze” udostępnia na stronie www.komag.eu kolejne roczniki pełnotekstowych wersji artykułów, a informacje o poszczególnych artykułach są dostępne w bazach indeksacyjnych. Kwartalnik jest indeksowany w bazie polskich

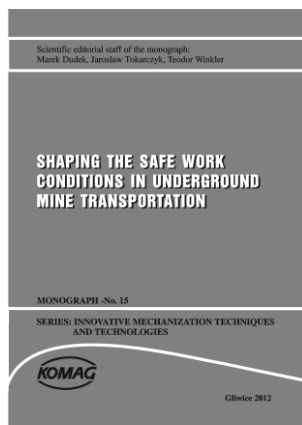
czasopism technicznych - BazTech, oraz w bazie IC Journal Master List – Index Copernicus.

W ramach działalności wydawniczej KOMAG wydaje również monografie, które powstają jako efekty prac badawczych w celu upowszechnienia jej wyników. Monografie kierowane są do różnych grup odbiorców: specjalistów poszczególnych dziedzin nauki oraz studentów, a także w przypadku książek wydawanych w językach obcych do specjalistów zagranicznych.

W ostatnich latach KOMAG wydał w ramach serii wydawniczych [8]:

- Prace naukowe -
Monografie KOMAG - **44 monografie**
- Innowacyjne Techniki i Technologie
Mechanizacyjne – **15 monografii**
- Maszyny i urządzenia – **3 monografie.**

Dodatkowo od szeregu lat wydawane są monografie pokonferencyjne o akronimach *KOMEKO*, *CYLINDER*, *KOMTECH*, *TRANSPORT SZYBOWY*.



Ponieważ zaawansowane technologie komputerowe i cyfrowe odgrywają obecnie coraz większą rolę i powodują daleko idące zmiany w obszarze działań nauki, także w ITG KOMAG od 2015 roku zrezygnowano z tradycyjnej formy wydawania monografii pokonferencyjnych na rzecz formy elektronicznej.

3. Konferencje naukowo-techniczne

Jedną z ważnych form upowszechnienia wiedzy są również konferencje naukowo-techniczne organizowane przez KOMAG od ponad trzydziestu lat, a od 2000 r. cyklicznie. Stanowią one forum wymiany informacji i doświadczeń między naukowcami, konstruktorami, producentami oraz użytkownikami rozwiązań o charakterze innowacyjnym, umożliwiając zapoznanie się z najnowszymi osiągnięciami w określonych dziedzinach wiedzy. Istotnym aspektem tego typu spotkań jest również ich wartość integracyjna (nauka – przemysł) oraz edukacyjna i szkoleniowa. Są one także skutecznym instrumentem marketingowym. Organizacja tego typu przedsięwzięć, ich tematyka, zbieżna z priorytetowymi kierunkami i dziedzinami wiedzy rozwijanymi w Europie oraz udział wybitnych specjalistów z kraju i z zagranicy, kształtuje wizerunek KOMAG-u, jako wiodącego instytutu naukowo-badawczego, o mocnej pozycji międzynarodowej i dużym znaczeniu dla rozwoju innowacyjności i konkurencyjności gospodarki.

ITG KOMAG organizuje cyklicznie cztery konferencje naukowo-techniczne:

- **KOMEKO** – Konferencja Naukowo-Techniczna: Innowacyjne i Przyjazne dla Środowiska Techniki i Technologie Przeróbki Surowców Mineralnych. Bezpieczeństwo – Jakość – Efektywność (marzec).
- **KOMTECH** – Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna: Innowacyjne Techniki i Technologie dla Górnictwa. Bezpieczeństwo – Efektywność – Niezawodność (listopad).
- **TRANSPORT SZYBOWY** – Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Bezpieczne i efektywne systemy transportu szybowego. Prognozy rozwoju (wrzesień).
- **CYLINDER** – Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Badanie, konstrukcja, wytwarzanie i eksploatacja układów hydraulicznych (wrzesień).

Co roku organizowane są konferencje KOMEKO oraz KOMTECH, które w 2015 roku doczekały się szesnastych edycji.



Konferencje KOMEKO (fot. 1) są okazją do corocznego dokonania przeglądu kierunków rozwoju bezpiecznych, efektywnych i niezawodnych systemów przerobczych surowców mineralnych, z uwzględnieniem relacji człowiek-maszyna-środowisko.



Konferencje KOMTECH dają uczestnikom możliwość zapoznania się z najnowszymi osiągnięciami w zakresie projektowania, rozwoju i badania nowoczesnych systemów mechanizacyjnych, w aspekcie bezpieczeństwa pracy oraz ochrony zdrowia. Stanowią one ważne forum wymiany doświadczeń zawodowych między naukowcami, producentami maszyn i urządzeń górniczych oraz ich użytkownikami, reprezentującymi górnictwo węgla kamiennego, miedzi i soli [1, 3, 4]. Konferencje te cieszą się dużym zainteresowaniem, tak pod względem oryginalności i liczby prezentowanych referatów (rys. 2), jak i liczby uczestników (każdorazowo 100-150 osób).



Bardzo dużym zainteresowaniem uczestników (zwykle ok. 150 osób) cieszy się konferencja TRANSPORT SZYBOWY, organizowana co dwa lata pod patronatem Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego.

Popularyzuje ona efektywne i bezpieczne systemy transportu szybowego i omawia prognozy rozwoju tej dziedziny.

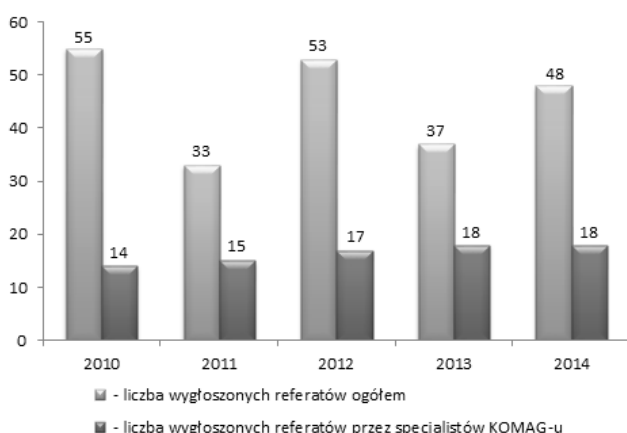


Długą tradycję (23 edycje) ma organizowana od 1991 r. konferencja CYLINDER, która swą tematyką obejmuje kierunki rozwoju w dziedzinie badań, konstrukcji, wytwarzania i eksploatacji układów hydraulicznych. Jednym z jej celów jest zacieśnienie współpracy środowiska naukowego z przemysłem w zakresie zastosowania innowacyjnych rozwiązań układów hydraulicznych w różnych gałęziach przemysłu, wykorzystania nowych materiałów i technologii oraz zastosowania najnowszych technik obliczeniowych i modelowych.

Konferencja CYLINDER organizowana jest co dwa lata, a od 2013 r. we współpracy z Instytutem Badawczym INOE IHP 2000 z Rumunii, zyskując status konferencji międzynarodowej.



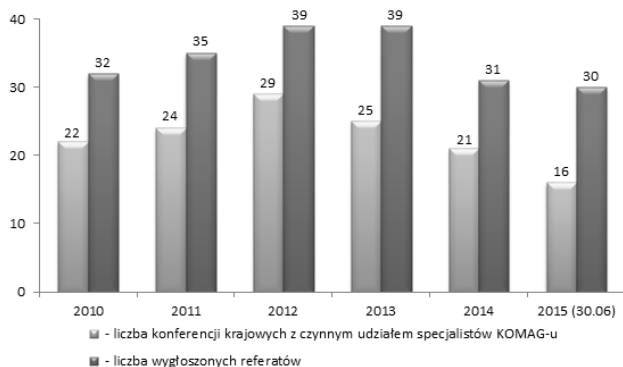
Fot.1. Konferencja KOMEKO 2013 [foto: KOMAG]



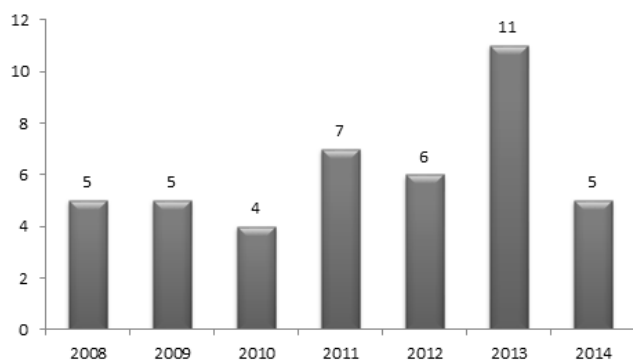
Rys 2. Liczba referatów na konferencjach KOMTECH
[źródło: opracowanie własne]

Specjaliści Instytutu KOMAG upowszechniają wiedzę, biorąc również czynny udział w konferencjach organizowanych przez inne instytucje. Przedstawiciele KOMAG-u biorą udział w około dwudziestu konferencjach rocznie, prezentując na nich ponad trzydzieści referatów. Na stałe w kalendarzu znajdują się takie konferencje, jak: Górnicze Zagrożenia Naturalne (org. GIG), EMTECH (org. EMAG), Problemy Eksploatacji Maszyn i Napędów Elektrycznych (org. KOMEL), Techniki Urabiania (org. WIMR AGH), Modelowanie w Mechanice (org. Wydział Mechaniczny–Technologiczny Politechniki Śląskiej), a także konferencje organizowane przez Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego oraz miesięcznik „Napędy i Sterowanie”.

Na rysunku 3 przedstawiono, w układzie rocznym (lata 2010 – 2015), liczbę konferencji zewnętrznych, w których czynnie uczestniczyli specjaliści Instytutu KOMAG oraz liczbę wygłoszonych referatów.



Rys. 3. Aktywność specjalistów KOMAG-u na konferencjach krajowych zewnętrznych [źródło: opracowanie własne]



Rys. 4. Liczba referatów wygłoszonych na konferencjach zagranicznych [źródło: opracowanie własne]

Ważną formą promocji ITG KOMAG jest uczestnictwo w zagranicznych konferencjach, kongresach i sympozjach (rys. 4). Długą tradycję mają coroczne wystąpienia na konferencjach z cyklu AIMS (Aachen International Mining Symposium), które są największymi górnictwymi spotkaniami w Europie, a także udział w Światowych Kongresach Górniczych (The World Mining Congress - WMC), które organizowane są od 1958 r. Naukowcy ITG KOMAG zaprezentowali dotąd kilkanaście referatów m.in. na kongresach w Pekinie (1990), Madrycie (1992), Sofii (1994), Acapulco (1997), Las Vegas (2000), Istambule (2011) i Montrealu (2013).

4. Szkolenia i seminaria

Istotnym elementem rozpowszechniania wiedzy są spersonalizowane, dwustronne spotkania z producentami i użytkownikami rozwiązań opracowanych w KOMAG-u, realizowane poprzez organizowane szkolenia i seminaria. Seminaria te służą z jednej strony, upowszechnianiu wiedzy i doświadczeń specjalistów KOMAG-u, z drugiej stwarzają możliwość poznania oczekiwań i potrzeb użytkowników.

Duże zainteresowanie organizowanymi seminariami dało impuls do organizacji cyklicznych spotkań dla producentów, użytkowników, a także instytucji kontrolujących. W zmodernizowanej auli, która stanowi zaplecze szkoleniowe Instytutu (fot. 2).

W ciągu ostatnich trzech lat zorganizowano 17 seminariów szkoleniowych, w których łącznie wzięły udział 583 osoby. Największym zainteresowaniem (121 uczestników) cieszyło się seminarium pt. „Instrukcja (DTR) istotnym dokumentem zapewniającym bezpieczeństwo pracy”, podczas którego specjaliści KOMAG-u podzielili się swoimi doświadczeniami w zakresie poprawności opracowywania instrukcji oraz nowego podejścia do ich opracowywania z wykorzystaniem współczesnych narzędzi komputerowych.



Fot. 2. Przykładowe seminarium szkoleniowe [foto: KOMAG]

Dużym zainteresowaniem cieszyły się spotkania, w trakcie których poruszano problematykę bezpieczeństwa użytkowania maszyn i urządzeń górniczych, jak również bezpieczeństwa osób pracujących zakładach górniczych. W seminarium dotyczącym oceny stanu technicznego sekcji obudowy zmechanizowanej wzięło udział 69 osób, natomiast w seminarium „Ograniczenie zagrożeń pyłem w kopalniach węgla kamiennego” uczestniczyły 53 osoby. Należy podkreślić fakt, że w wyżej wymienionych tematach zorganizowano odrębne warsztaty techniczne dla specjalistów Okręgowego Urzędu Górniczego w Gliwicach.

Mając na uwadze dywersyfikację działalności Instytutu KOMAG organizowane są także szkolenia z obszaru bezpieczeństwa użytkowania wyrobów skierowane do producentów zabawek i artykułów dla dzieci. W czerwcu 2015 r. odbyło się spotkanie z przedstawicielami jednostek samorządu terytorialnego województwa śląskiego, które miało na celu prezentację i omówienie możliwości współpracy KOMAG-u w zakresie rozwiązań proekologicznych i prospołecznych dla miast i gmin.

5. Targi i wystawy

Rozumiejąc wagę upowszechniania i popularyzacji wiedzy w różnych formach, Instytut Techniki Górniczej KOMAG promuje także wiedzę o swoich innowacyjnych rozwiązaniach, biorąc czynny udział w targach i wystawach. Odbywające się w Katowicach począwszy od 1985 r. Międzynarodowe Targi Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego, co dwa lata gromadzą liczne rzesze tak wystawców, jak i odwiedzających. Instytut KOMAG swój samodzielny udział rozpoczął w 1991 roku [2], od tej pory prezentując na każdym targach swoje najnowsze rozwiązania [5, 6]. Można je dostrzec nie tylko na stoisku KOMAG-u (fot. 3), ale także wśród innych wystawców, głównie producentów maszyn i urządzeń, którzy są partnerami Instytutu. Należy podkreślić, że to właśnie na katowickich targach w 2011 r., z inicjatywy KOMAG-u, podpisano umowę o powołaniu Klastra Maszyn Górniczych (fot. 4).



Fot. 3. Stoisko Instytutu KOMAG na Międzynarodowych Targach Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego w Katowicach w 2011 r. [foto: KOMAG]



Fot. 4. Uroczystość podpisania umowy o powołaniu Klastra Maszyn Górniczych [foto: KOMAG]

Inną imprezą targową, w której KOMAG uczestniczy corocznie od 2001 r. są Międzynarodowe Targi Poznańskie, podczas których cyklicznie ma miejsce prezentacja Salonu „Nauka dla Gospodarki”. Salon ten jest integralną częścią targów nowoczesnych technologii dla przemysłu pn. „Innowacje – Technologie – Maszyny ITM Polska” i stanowi największą w kraju prezentację dorobku potencjału badawczego polskiej nauki stosowanej (fot. 5).



Fot. 5. Stoisko Instytutu KOMAG na Międzynarodowych Targach Poznańskich w 2014 r. [foto: KOMAG]

Od kilkunastu lat, opracowane w Instytucie KOMAG, innowacyjne rozwiązania są prezentowane na międzynarodowych targach (np. Brussels Innova w Brukseli, Concours Lepine w Paryżu, iENA w Norymberdze, Archimedes w Moskwie) oraz krajowych (np. IWIS) targach wynalazków i innowacji, uzyskując co roku medale, nagrody i wyróżnienia.

6. Podsumowanie

Przepływ wiedzy w sferę praktycznych zastosowań jest bardzo ważny i odbywa się różnymi drogami. Są to wykłady, szkolenia, konferencje, opracowania i publikacje naukowe przedstawione za pomocą różnorodnych form. Istotnymi elementami rozpowszechniania

wyników prac naukowych są również spersonalizowane, dwustronne spotkania (konferencje, szkolenia i seminaria) z producentami i użytkownikami rozwiązań opracowanych w KOMAG-u.

Szybki rozwój narzędzi informatycznych zmienia w zasadniczy sposób formę dokumentowania dorobku publikacyjnego autorów i dróg komunikowania się. W Instytucie unowocześniono zatem procesy edytowania publikacji oraz form wyszukiwania i rozpowszechniania informacji. Rozwój sieci komputerowych i internetu, zapewnia szybki i szeroki dostęp do wiedzy, w tym do literatury źródłowej, książek, czasopism, katalogów bibliotecznych. Dostępność i przejrzystość informacji jest bowiem kluczowa w procesie upowszechniania wiedzy.

Literatura

1. Klencz R.: Rozwój bezpiecznego i efektywnego górnictwa - KOMTECH 2014. Napędy i Sterowanie 2015 nr 1.
2. Malec M., Penar Z.: Debiut wystawienniczy Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG na Międzynarodowych Targach Górnictwa, Energetyki i Metalurgii SIMMEX 91. Maszyny Górnicze nr 34, 1991.
3. Okulińska A.: Sprawozdanie z konferencji Innowacyjne Techniki i Technologie dla Górnictwa BEZPIECZEŃSTWO - EFEKTYWNOŚĆ - NIEZAWODNOŚĆ. Maszyny Górnicze 2012 nr 4.
4. Pieczora E.: Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa Bezpieczeństwo - Efektywność - Niezawodność. KOMTECH 2014. Maszyny Górnicze 2014 nr 4.
5. Stańczak L.: Sprawozdanie z Międzynarodowych Targów Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutniczego KATOWICE 2009. Maszyny Górnicze 2009 nr 3.
6. Śledziński W.: Sprawozdanie z Międzynarodowych Targów Górnictwa, Przemysłu Energetycznego i Hutnictwa "Katowice 2011". Maszyny Górnicze 2011 nr 4.
7. Zając R.: Informacja naukowo-techniczna elementem wspomagającym zarządzanie wiedzą. Maszyny Górnicze 2004 nr 99.
8. <http://komag.eu/>
9. <https://pbn.nauka.gov.pl/>

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2015 r.